Beiträge zur vergleichenden Anatomie

der

RANUNCULACEEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei

hoher philosophischer Fakultät zu Marburg

eingereicht von

Albert Meyer
aus Müllrose.

Marburg.
Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).
1884.

Beiträge zur vergleichenden Anatomie

der

RANUNCULACEEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei

der philosophischen Fakultät zu Marburg

eingereicht von

Albert Meyer

aus Hadmar.

MARBURG.

Universitäts-Buchdruckerei (R. Friedrich).

1884.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. A. Wigand

aus tiefster Dankbarkeit und Hochachtung

gewidmet

vom Verfasser.

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. A. Wigand

aus tiefster Dankbarkeit und Hochachtung

gewidmet

vom Verfasser.

Den Anlass zu nachstehender Arbeit gab eine Preisaufgabe der philosophischen Facultät der Universität Marburg, nach welcher ein Beitrag zu der Frage geliefert werden sollte, ob eine Beziehung stattfinde zwischen dem anatomischen Bau der Pflanzen und ihrer ausschliesslich auf morphologischen Grundlagen beruhenden systematischen Verwandtschaftsverhältnisse. Insbesondere war diese Frage dahin präcisirt, zu untersuchen, wie weit die mehr oder weniger beträchtlichen morphologischen Unterschiede zwischen verwandten Familien, Gattungen und Arten parallel mit entsprechenden Verschiedenheiten der Structur gingen.

In der Pflanzensystematik benutzt man bekanntlich zur Charakterisirung der einzelnen Familien, Genus und Species fast allgemein morphologische Merkmale; wenigstens ist stets das Bestreben der Botaniker dahin gegangen, ein natürliches System ausschliesslich auf morphologischen Grundlagen aufzubauen, wenn dieser ideale Wunsch auch in vielen Fällen noch nicht immer durchzuführen war.

Den grössten Theil des Pflanzenreiches hat man indessen nach morphologischen Principien gruppiren können, und man entnimmt speciell für die Phanerogamen die Merkmale für die Bestimmung der Verwandtschaftsverhältnisse der Blüte, indem man aus der mehr oder minder grossen Ähnlichkeit ihrer Form und ihrer einzelnen Theile auf eine nähere oder weitere Verwandtschaft schliesst. Vor Allem ist dieses Princip der Bevorzugung morphologischer Blütencharaktere durch zahlreiche entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen gestützt worden, welche in der That ergeben haben, dass eine Gruppirung nach den Unterschieden im Bau der Blüte und der Sexualorgane, naturgemäss erscheint.

In neuerer Zeit ist nun aber vielfach darauf hingewiesen worden, dass eine Systematisirung des Pflanzenreiches ausschliesslich nach morphologischen Charakteren einseitig sei, indem man dabei das Hauptprincip der Systematik vergesse, nach welchem eine natürliche Classification allen Charakteren der Pflanze Rechnung tragen müsse. Es sei demnach bei wirklicher Verwandtschaft nicht nur eine relative Gleichartigkeit des Baues der Blüte und der Sexualorgane, sondern auch eine gewisse Ähnlichkeit in der inneren Structur vorauszusetzen. Und in der That finden sich bei vielen grösseren und kleineren Gruppen Structureigenschaften, welche Charactere von Arten, Genera, Ordnungen und Klassen, entsprechend den von Blüten- und Embryobildung entnommenen, darstellen; ich erinnere an die *Farrenkräuter*, die *Coniferen*, die meisten *Monocotylen*, das Gros der *Dicotylen*. Unter den letzteren zeichnen sich speciell die Familien der

Chenopodiaceen, Cucurbitaceen, Solaneen, Bignoniaceen, Amaranthaceen, Sapindaceen, Begoniaceen, Piperaceen, Vochysiaceen, Melastomaceen, Malphigiaceen, Rutaceen, Simarubaceen etc. durch einen characteristischen Bau ihrer Vegetationsorgane aus.

Die Zoologie hat sich bereits seit langer Zeit der Ausbeutung obigen Gedankens bemächtigt, und verdankt ihr hauptsächlich die Einsicht in die natürliche Verwandtschaft der Thiere. In der Botanik finden sich zwar auch schon Gedanken dieser Art gelegentlich und zerstreut in älteren anatomischen Arbeiten von Mohl und Schacht ausgesprochen, und namentlich macht die Pharmakognosie seit längerer Zeit den ausgedehntesten Gebrauch von dem grossen diagnostischen Werth anatomischer Merkmale, aber erst in jüngster Epoche ist man dem Gedanken ernstlich näher getreten, grössere, vergleichend anatomische Untersuchungen speciell zu dem Zweck vorzunehmen, um damit Beiträge zur Ermittelung und Aufklärung natürlicher Verwandtschaftsverhältnisse zu liefern; vor Allem können die Arbeiten von Regnault[1]), Schwendener[2]), Reinke[3]), Engler[4]), van Tieghem[5]), Vöchting[6]), Kamiénsky[7]), Kohl[8]), Westermaier[9]), Müller[10]), Wille[11]), Vesque[12]), Petersen[13]) angeführt werden.

---

1) Regnault: Recherches sur les affinités de structure des tiges des plantes du groupe des Cyclospermées. Annales des sciences nat. Bot. série 4 T. XIV.

2) Schwendener: Das mechanische Princip im anatomischen Aufbau der Monocotylen.

3) Reinke: Morphologische Abhandlungen: Untersuchungen über die Vegetationsorgane von Gunnera.

4) Engler: Studien über Verwandtschaftsverhältnisse der Rutaceen, Simarubaceen und Burseraceen und Beiträge zur Anatomie derselben. Halle 1874.

5) van Tieghem: Recherches sur la structure des Aroidées. — Annales des sciences naturelles Bot. série T. VI.

6) Vöchting: Beiträge zur Morphologie und Anatomie der Rhipsalideen. — Pringsheim's Jahrbücher Bd. IX.

7) Kamiénsky: Vergleichende Anatomie der Primulaceen. Halle.

8) Kohl: Vergleichende Untersuchung über den Bau des Holzes der Oleaceen. Dissert. Leipzig 1881.

9) Westermaier: Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Pflanzen. — Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1881. p. 1050.

10) Müller: Vergleichende Untersuchung der anatomischen Verhältnisse der Clusiaceen, Hypericaceen, Dipterocarpeen und Ternströmiaceen. — Engler's Botan. Jahrbücher II. Bd. p. 430.

11) Wille: Über den Bau des Stammes und Blattes bei den Vochysiaceen. In Overs. over det. Kgl. Dansk. Vidensk. Selsk. Forh. 1882 Nr. II p. 1. Im Auszug in der Bot. Zeitg. 1882 p. 724.

12) Vesque: De l'anatomie des tissus appliquée à la classification des plantes. — Nouvelles Archives du Muséum d'histoire naturelle. II. série T. IV p. 41.

— De l'influence du milieu sur la structure anatomique des végétaux. — Ann. d. sc. nat. Bot. VI. série T. XII p. 167—176.

— L'espèce végétale considérée au point de vue de l'anatomie comparée. — Ann. d. sc. nat. Bot. VI. série T. XIII p. 1—46.

— Essai d'une monographie anatomique et descriptive de la tribu des Capparées. Ann. d. sc. nat. Bot. VI. série T. XIII p. 57.

13) Petersen: Über das Auftreten bicollateraler Gefässbündel etc. — Engler's Bot. Jahrbücher III. Bd. p. 359.

Ausser den typischen Merkmalen der Structur, die wir nach dem Vorschlag von de Bary, entsprechend den morphologischen Characteren, »anatomische Charactere« nennen können, finden sich aber bei den einzelnen Individuen noch Eigenschaften im innern Aufbau, welche durch die Umgebung bedingt unmittelbare Anpassungserscheinungen sein mögen, Eigenschaften, welche allen Individuen, die unter denselben Vegetationsverhältnissen leben, in grösserem oder geringerem Maasse eigen sind, mögen die Besitzer im natürlichen System auch noch so weit von einander entfernt stehen, Eigenschaften, die sogar bei derselben Species mit wechselnden Lebensbedingungen wechseln können [1]).

Es kommt daher zu der Frage, ob innerhalb einer Gattung, Familie oder Ordnung sofern ihre Aufstellung nach Blütencharacteren vorgenommen ist, anatomische Unterschiede parallel mit morphologischen Characteren gehen, die zweite wichtige Frage hinzu, wie weit überhaupt der anatomische Aufbau der Vegetationsorgane für eine Gruppirung nach natürlicher Verwandtschaft zu verwerthen ist, wie weit die Structureigenschaften constant sind, und wie hoch man den Werth einer beliebigen Eigenthümlichkeit anschlagen muss. Man hat demnach nicht nur die Constanz der einzelnen Erscheinungen im innern Aufbau der Organe von verschiedenen Species, Gattungen, Gruppen etc., sondern auch vor allen Dingen ihre Dignität zu prüfen, d. h. man muss festzustellen versuchen, welche Structureigenthümlichkeiten typische sind, mithin zu denen gehören, welche ich oben als »anatomische« Charactere bezeichnet habe, welche Structureigenthümlichkeiten andererseits, mit den Vegetationsverhältnissen und der Lebensweise in engem Connex stehend, Individuen der verschiedensten Familien zukommen. Letztere sind selbstverständlich bei der Benutzung des anatomischen Baues der vegetativen Organe für die Verwandtschaftscharacterisirung grösserer Systemgruppen den ersteren unterzuordnen; man kann sie höchstens zur Differenzirung der verschiedenen Species einer Gattung verwenden. Aber selbst bei der Benutzung und Beurtheilung der »anatomischen« Charactere muss man noch sehr vorsichtig zu Werke gehen, und solche, wie de Bary [2]) ausdrücklich bemerkt, nicht etwa von dem Bau einiger zufällig herausgegriffenen Arten entnehmen, um sie als allgemein gültig für das ganze Genus, oder die ganze Gruppe hinzustellen; denn zahlreiche Beispiele zeigen, dass selbst ganz nahe verwandte Species derselben Gattung, die sich in jeder Hinsicht im äussern Habitus ähnlich sind und auch sonst unter ganz denselben Vegetationsverhältnissen leben, ganz auffallend verschieden in ihrer innern Structur sind — ich verweise auf den Bau von *Primula auricula* und dem der nahe verwandten *Primula sinensis, Primula officinalis* etc.[3])

1) Vergl. hierüber A. Engler: Über die morphologischen Verhältnisse und die Verbreitung der Gattung Rhus etc. (Bot. Jahrbücher Bd. I pag. 394).
2) de Bary: Vergl. Anatomie pag. 28.
3) Fr. v. Kamiénsky: Vergl. Anatomie der Primulaceen. Im Auszug in der Bot. Zeitung 1875 pag. 786.

Um diese beiden oben gestellten Fragen genügend beantworten zu können, muss man eine grosse Reihe anatomischer Untersuchungen vornehmen, einerseits einer und derselben Species, weil, wie oft nachgewiesen, dasselbe Organ in verschiedenen Regionen einen differenten anatomischen Bau haben kann, der aber bei verschiedenen Individuen dieser Species in der betreffenden Region gleich ist, andererseits nahe verwandter Species und Gattungen, die theils unter gleichen, theils unter verschiedenen Vegetationsverhältnissen leben; endlich solcher Species und Gattungen, die unter gleichen oder ähnlichen Bedingungen vegetiren, die aber im System weiter von einander entfernt stehen.

Zu einer derartigen grösseren Untersuchung habe ich mir die Familie der *Ranunculaceen* ausgewählt, sowohl deswegen, weil sie in Folge ihres ziemlich grossen Species-Reichthums — man unterscheidet etwa 80 gut characterisirte einheimische Arten — Individuen umfasst, die theils in klimatischer Hinsicht, theils in Hinsicht ihres Standorts möglichst verschiedenen Lebensbedingungen unterworfen sind, wie auch deswegen, weil sie in mehrere Tribus zerfällt, und somit vorzüglich zur Beantwortung der ersteren der beiden obigen Fragen geeignet scheint.

Eine grössere, zusammenhängende, vergleichend anatomische Untersuchung über die vegetativen Organe der *Ranunculaceen* bestand bis vor Kurzem nicht. In jüngster Zeit hat Vesque[1]) versucht, diese Familie anatomisch zu characterisiren, mit der Absicht, dabei zu zeigen, dass sich nicht nur in den morphologischen Merkmalen, sondern auch in den anatomischen Gleichartigkeiten respective Verschiedenheiten mit den verwandten Familien der Ordnung *Ranales* im Sinne Bentham und Hooker's[2]) finden. Dabei prüft er ohne Regelmässigkeit einzelne Arten auf einige, vorher im Allgemeinen von ihm aufgestellte anatomische Charaktere, ohne auf die nähere Charakteristik und Diagnostik im Einzelnen näher einzugehen, was ja der Hauptzweck vorliegender Arbeit ist. Fast ausschliesslich habe ich den Stengel allein in den Bereich meiner Untersuchung gezogen, während Vesque die Familienähnlichkeiten in der Haarform, der Gestalt und Entwickelung der Spaltöffnungen, dem Vorkommen von Krystallen, Cystolithen, Secretbehältern, der Structur des Blattstiels und des Mesophylls findet; beide Arbeiten bieten mithin eine willkommene gegenseitige Ergänzung.

Ferner sind noch mehrere Einzeluntersuchnngen im Hinblick auf verschiedene, anatomisch interessante Erscheinungen von einzelnen Species dieser Familie veröffentlicht, auf deren nähere Erörterung an dieser Stelle ich aber um so eher glaube verzichten zu können, als ich im Laufe meiner Arbeit ohnehin auf diese Untersuchungen zurückkommen muss. Man findet sie grösstentheils in dem Werk de Bary's: »Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen« verzeichnet.

---

1) Vesque: De l'anatomie des tissus appliquée à la classification des plantes. In Nouvelles Archives du Muséum d'histoire naturelle. II. série p. 22.
2) Bentham und Hooker: Genera plantarum Bd. I p. 2.

I.

RANUNCULACEEN.

Von

Albert Meyer.

(Mit Tafel I.)

Die folgende Darlegung der anatomischen Verhältnisse vorzüglich der deutschen *Ranunculaceen*-Species schliesst sich in ihrer Reihenfolge dem natürlichen System an, indem die einzelnen, näher zu besprechenden Typen der Übersichtlichkeit wegen in ihren Tribus, in die sie in der Systematik gewöhnlich gebracht werden, vertheilt bleiben mögen. Es wird sich, wie im Voraus zu bemerken ist, ergeben, dass die wichtigsten systematischen Beziehungen sich überwiegend an ein anatomisches Verhältniss, einen Ring von dickwandigem Gewebe knüpfen, indem in seiner Lage, Zusammensetzung und Ausbildung bei den einzelnen Tribus, Genus und Species sich einerseits die auffallendsten Verschiedenheiten, andererseits Ähnlichkeiten ergeben; auf ihn werden wir mithin in der Folge ein besonderes Augenmerk zu richten haben. Da derselbe durchweg aus Gewebe von verschiedener anatomischer Bedeutung zusammengesetzt ist, so ist es nicht am Orte, den Namen eines dieser Gewebe für ihn in Anwendung zu bringen, sondern einen neuen Ausdruck dafür zu gebrauchen. Er wird kurzweg »Festigungsring« genannt werden. Ferner wird es zur Vermeidung von Missverständnissen bei der immer mehr zunehmenden Verwirrung der Terminologie zweckmässig sein, anzugeben, in welchem Sinne die am häufigsten vorkommenden und zweifelhaften Ausdrücke im Folgenden gebraucht werden. Der Ausdruck »Sklerenchym« wird angewendet im alten Sinne für dickwandiges, verholztes Parenchym; desgleichen »Bast« für die zum Gefässbündel gehörigen, ausserhalb des Cambiums liegenden Prosenchymstränge.

I. Unterfamilie.

Clematideae.

Als einzigen Repräsentanten dieser kleinen Tribus, deren Gattungen und Species dem äusseren Habitus nach sich ungemein ähnlich sehen, will ich *Clematis Vitalba L.* in anatomischer Hinsicht näher erörtern.

Der Stengel ist relativ dünn, was mit seiner Eigenschaft des Kletterns und Windens in nahem Zusammenhange steht. Von aussen sind 6 stark hervortretende Riefen und ebenso viele, damit alternirende Rillen zu erkennen.

Im jugendlichen Zustand sieht er grün aus und zeigt auf dem Querschnitte unter der einschichtigen Epidermis ein mässig chlorophyllhaltiges Rindenparenchym. Besonders deutlich heben sich in der Epidermis die Schliesszellen der Spaltöffnungen dadurch ab, dass sie tiefer als die benachbarten Epidermiszellen liegen. Unter jeder Riefe befindet sich, wie es ja sehr häufig vorkommt, ein starker, in diesem Fall sehr früh ausgebildeter Collenchymstrang (Fig. 1. 2), dessen lang gestreckte, mit schiefen Querwänden abschliessende Zellen stets geringe Spuren von Chlorophyll enthalten. Die Entwickelung dieser 6 Collenchymstränge erfolgt nach Ambronn[1]) aus dem Meristem der primären Rinde, dem Periblem oder »Protenparenchym«, ganz unabhängig von dem unmittelbar darauf folgenden, sich dicht anschliessenden Faserbast nebst Holzkörper, welche bekanntlich im Plerom ihre erste Anlage haben. Diese von der des Fibrovasalkörpers getrennte Anlage des Collenchyms, sowie seine sehr frühe Ausbildung, die vor derjenigen des Faserbastes erfolgt, ist characteristisch und bedeutsam für *Clematis Vitalba*, insofern als in dieser frühesten Periode des Wachsthums ausser dem Collenchym keine anderen »mechanischen« Zellen da sind, welche im Stande wären, dem windenden Stengel die nöthige Festigkeit zu verleihen.

An das Collenchym und das zwischen den einzelnen Strängen desselben liegende primäre Rindenparenchym schliesst sich nach innen ein 12—14 Lagen starker Festigungsring an (Fig. 1. 3). Derselbe erscheint auf den ersten Blick, besonders im jugendlichen Stengel, ganz homogen aus Faserbastzellen zusammengesetzt zu sein, weshalb ihn Ambronn in seiner eben citirten Abhandlung wahrscheinlich auch mit dem Namen Bastring belegt hat. Er besteht aber aus zwei, der anatomischen Bedeutung nach ganz verschiedenen Gewebeformen, aus echtem Faserbast und Sklerenchym. Der erstere erscheint auf dem Querschnitt als holbmondförmige Gruppen, in sehr jungen Theilen 6 an der Zahl, dicht unter den Collenchymsträngen. Nach der schon ziemlich früh erfolgten, sogleich zu besprechenden Bildung von 6 neuen, interfasciculären, eingeschobenen Gefässbündeln wird indessen die Anzahl der Faserbastkappen verdoppelt. Diese anfänglichen 6, späteren 12 Basthalbmonde werden in gleicher Höhe durch Sklerenchymkeile, welche aus primärem Rindengewebe gebildet sind, und die gegen das chlorophyllhaltige Rindenparenchym sowohl, wie gegen das zarte Cambium und Markstrahlgewebe scharf abgesetzt sind, verbunden. Im Radius von Collenchym und Faserbast schliessen sich nach innen

1) Ambronn: Über die Entwickelungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften des Collenchyms. In Pringsheim's: Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik Bd. XII p. 500.

6 grosse, cylindrische Cambiumstränge nebst dazu gehörigen Xylemkörpern an, zwischen sich 6 sehr breite Markstrahlen lassend.

Dieser primäre Zustand währt indessen nicht lange. Fast gleichzeitig mit der Ausbildung des interfasciculären Sklerenchyms tritt zwischen je zwei Gefässbündeln die Anlage eines neuen, secundären, eingeschobenen Fibrovasalstranges in Gestalt einer rundlichen Cambiumgruppe und eines dazu gehörigen Basthalbmondes auf; erst später werden auf der Innenseite die Holzelemente erzeugt. Dieser Process nachträglicher Bildung von Zwischenbündeln innerhalb älterer Markstrahlen kommt bekanntlich bei den typisch gebauten Dicotylen nicht vor. Da diese Anomalie jedoch nur geringfügig und ausserdem nur in sehr wenigen, vereinzelten Fällen beobachtet ist, so brauchen diese letzteren deswegen nicht aus der Reihe der typisch gebauten Dicotylen gestrichen zu werden, sofern der innere Aufbau des Stammes im Übrigen normal ist. Zuerst wurde das Vorkommen secundärer Zwischenbündel bei der mit *Clematis* ganz nahe verwandten *Atragene alpina L.*[1]) constatirt an Internodien des zweiten und dritten Jahres, und zwar im regelmässigsten Falle von 4 ganz characteristisch gelagerten Secundärbündeln.

Ferner wird sehr früh an der Innenseite des Festigungsringes vom Cambium ein secundärer Bastparenchymring (Fig. 1. 4) abgeschieden, dessen Zellen zum Unterschied von denen des primären Rindenparenchyms polygonalen Querschnitt zeigen und interstitienlos aneinandergrenzen. Dieser Ring secundären, zarten Parenchyms, der sich zwischen Festigungsring und Cambium um den ganzen Umfang des Stengels zieht, wird für das spätere Wachsthum von *Clematis Vitalba L.* von besonderer Wichtigkeit.

Allmälig haben sich auch die getrennten Cambiumtheile der nunmehrigen 12 Bündel nach rechts und links über die Markstrahlen hinaus erweitert, und sich somit durch die Bildung von interfasciculärem Cambium zu einem vollständigen Ring (Fig. 1. 5) zusammengeschlossen, der nun eine kräftige Thätigkeit der Zellerzeugung entfaltet. Im weiteren Verlauf der hierdurch hervorgerufenen secundären Dickenzunahme des Stengels nimmt die Bildung von Periderm den ersten Rang ein. Auch sie ist eigenthümlich und charakteristisch für *Clematis Vitalba* und den ihm folgenden Species dieser Gattung. Sie nimmt nämlich ihren Anfang in dem eben erwähnten, secundären Bastparenchymring, und zwar schon im drittjüngsten Internodium, so dass bereits frühzeitig im ersten Jahre die Verborkung der Aussentheile eintritt. Alle späteren Peridermbildungen gehen in paralleler Richtung mit der ersteren vor sich und schneiden dadurch einen, wenn

1) Vergl. Sanio: Bot. Zeitung 1863 pag. 127 und de Bary: Vergleichende Anatomie p. 475.

auch nicht immer ganz regelmässigen und vollständigen Hohlcylinder von Borke ab, in welchem der Festigungsring das Hauptelement bildet. Diese characteristische Borkebildung, welcher Hanstein, der diese Verhältnisse zuerst genauer untersuchte, den Namen »Ringelborke« beilegte, zeichnet sich bei *Clematis Vitalba* ausserdem noch durch ihren gänzlichen Mangel an Lenticellen aus, welche doch der grossen Mehrzahl borkebildender Dicotylen zukommen [1]).

Eine weitere, sehr bemerkbare Veränderung besteht darin, dass sich in der Peripherie der rundlichen Cambiumgruppen secundäre, 1—3 Lagen starke, halbkreisförmige Bastbelege bilden. Die Zellen dieser Halbkreise sind nicht nur ausgezeichnet durch ihre bedeutende Grösse, sondern auch durch die ungewöhnlich zahlreichen Porenkanäle, durch die starke Verholzung und den sehr deutlichen Schichtenbau der Membranen, so dass sie ganz das Aussehen echter Steinzellen haben. Dazu kommt noch, dass sie eine sehr wenig ausgeprägte Spindelform besitzen und sich zuweilen bis in das Markstrahlgewebe hineinziehen, was gerade bei Steinzellen häufig beobachtet wird. Als Bastzellen sind sie vor Allem durch ihre Entstehung und ihre typische Lage um das Cambium characterisirt, und letzterem Umstand wird doch wohl ein grösseres Gewicht den erwähnten abnormen Eigenthümlichkeiten gegenüber beizulegen sein. In der Folge wiederholt sich der Process der Bildung secundärer Basthalbkreise (Fig. 2. 1), welche nunmehr, gewöhnlich in einer Anzahl von 2—3 gleich dem ersteren und concentrisch damit innerhalb des äusseren Theils der 12 Cambiumstränge entstehen. Daneben bilden sich noch in den Cambiumgruppen kleinere, unregelmässig gelagerte Bastpartien (Fig. 2. 2). Durch die grossen, parallel mit einander verlaufenden Bastschichten werden mehrere parallele Schichten zarten Gewebes abgeschieden, die nun ihrerseits auch noch eine Metamorphose erfahren. Die innersten Zellenlagen derselben bilden sich zu Periderma um, während in den äusseren Theilen vor der Peridermabildung sich lange, mit den Bastbelegen und unter sich meist parallele, zuweilen jedoch auch netzartig anastomosirende, wachsartige Streifen (Fig. 2. 3) sich differenziren, die indessen von den äusseren Bastlagen stets noch durch eine oder mehrere Schichten zarter, braunwandiger Zellen getrennt sind. Diese eigenthümlichen Gewebelagen bestehen aus langgestreckten, fast zum Verschwinden des Lumens verdickten Zellen, mit wellig verbogenen, innig mit einander verschmolzenen und verholzten

1) E. Stahl: Entwickelung und Anatomie der Lenticellen. Dissert. Im Auszug in der Bot. Zeitung 1873.

Lenticellen fehlen nach Stahl ausser Clematis nur noch Vitis vinifera, Lonicera italica, Lonicera periclymenum, Tecoma radicans, Philadelphus, und Deutzia spec. = Rubus odoratus.

Membranen, so dass man nichts mehr von einer Mittellamelle wahrnimmt. Die Verschmelzung der Zellmembranen ist eine so weit gehende, dass die kleinen, strichförmigen, geschlängelten Zelllumina in einer homogenen wachs- oder hornartigen Masse eingebettet erscheinen. Diese Metamorphose gewisser Elemente, welche constant im Verein mit secundärem Bast im Cambiumgewebe von *Clematis Vitalba* auftritt, ist das »Hornprosenchym« (Keratenchym), auf dessen Vorkommen und Verbreitung im Pflanzenreich Oudemans[1]) und Wigand[2]) zuerst hingewiesen haben, und das der letztere Autor mit Recht als eine besondere Gewebeform beansprucht[3]).

Über den Bau der Markstrahlen ist Einiges zu bemerken. Ihre Zellen sind auf dem Querschnitt radial gestreckt, tangential schmal; auf dem Längsschnitt dagegen zeigen sie gleiche Durchmesser, sind meist rundlich und lassen Intercellularräume zwischen sich. Schon früh verholzen ihre Membranen im Unterschied der Markstrahlzellen von *Atragene alpina L.*, welche bis ins späte Alter hinein zart bleiben. de Bary[4]) hebt diesen letzten Umstand besonders hervor, um zu zeigen, wie wechselvoll derartige Erscheinungen sind, sogar bei solchen Pflanzen, die nicht nur im System auf's Engste mit einander verwandt sind, sondern auch in ihren Vegetationsbedingungen vollkommen übereinstimmen. Man ist genöthigt, diese Eigenthümlichkeit der beiden Individuen, da sie constant beobachtet wird, als anatomischen Character anzusehen.

Was nun die einzelnen Elemente der Fibrovasalstränge anbelangt, so finden wir im Cambium beide Weichbastbestandtheile vertreten: Siebröhren und Cambiform. Erstere sind bei *Clematis Vitalba* ungemein gross, zeigen weite polygonale, oft unregelmässig verzerrte Querschnitte, und sind auch auf dem Längsschnitte nicht schwierig zu finden. Letztere stehen zwischen den Siebröhren und haben engere, quadratische oder rechteckige, manchmal schief viereckige Querschnitte.

Die Zusammensetzung des Xylems dagegen ist viel complicirter. Gefässe sind im Verhältniss zur Grösse des Holzkörpers nur wenige vor-

---

1) Oudemans: Aantekeningen op het systematisch- en pharmacognostisch-botanische gedeelte der Pharmacopœa Neerlandica 1854—56. Bot. Zeitung 1862 p. 44.

2) Wigand: Deorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheim's Jahrbücher III. p. 119. Lehrbuch der Pharmakognosie. 2. Aufl. 1874.

3) Cf. Rauwenhoff: Giebt es Hornprosenchym als ein besonderes Gewebe im Pflanzenreich? Flora 1876 Nr. 13.
Wigand: Zur Verständigung über das Hornprosenchym. Flora 1877 Nr. 24.
Rauwenhoff: Ein letztes Wort über das sogenannte Horngewebe. Flora 1878 Nr. 9.
Wigand: Lehrbuch der Pharmakognosie. 3. Aufl. pag. 9.

4) de Bary: Vergl. Anatomie p. 501.

handen; auch sie zeichnen sich durch ungemeine Grösse aus und sind schon mit unbewaffnetem Auge wahrzunehmen. Es sind der grossen Mehrzahl nach Tüpfelgefässe mit behoften Tüpfeln, auch da, wo sie an unbehoft getüpfelte Sklerenchym- resp. Holzfasern stossen. Meistens lassen sich ausser den Tüpfeln noch feine, spiralige oder netzartige Verdickungen auf den Gefässmembranen erkennen. Ein Hauptelement des Holzes bilden die Trachëiden. Sie füllen den Zwischenraum zwischen den einzelnen Gefässen grösstentheils aus, sind mit behoften Tüpfeln versehen und fallen auf dem Längsschnitt sofort in die Augen durch die wunderschöne, doppelt spiralige Zeichnung ihrer Membranen. Ferner finden sich Libriformzellen im Holz; es sind prosenchymatische, verholzte Zellen, die bei *Clematis* nie behofte, sondern stets einfache, schräg gestellte Tüpfel haben. Endlich sind noch Holzparenchym und Faserzellen vertreten. Erstere sind, wie der Name schon andeutet, parenchymatischer Natur, insofern sie horizontale Querwände haben; letztere sind Prosenchymzellen, in Gestalt und Structur dem Libriform ähnlich, von welchem sie sich aber durch ihren Amylum-Inhalt unterscheiden.

Als Eigenthümlichkeit von *Clematis Vitalba* hebt de Bary[1]) die starke und plötzliche Abplattung der Trachëiden des Herbstholzes bei allmäliger und relativ viel geringerer Radialverkürzung der sie begleitenden Faserzellen hervor, während der gewöhnliche Fall der ist, dass die Verkürzung des radialen Durchmessers der an der Herbstgrenze neben einander liegenden Holzelemente, abgesehen von den Gefässen, gleichmässig ist.

Gefässbündelverlauf: Die genaueren Untersuchungen über den Gefässbündelverlauf sind zuerst von Nägeli[2]), welcher eine grössere Anzahl von Typen nachwies, gemacht worden. *Clematis Vitalba* gehört nach ihm in den 19. Typus: »Blätter sind gegenständig; Blattspuren 3strängig, die Lateralstränge mit denen des nächsten Paares verschränkt«. Die Blätter stehen in decussirten Paaren und haben eine 3strängige Blattspur. Der Medianstrang geht ein Internodium abwärts, theilt sich im nächsten Knoten in 2 Schenkel und setzt sich an die Lateralstränge des dortigen Blattpaares an. Die beiden Lateralstränge eines Blattes verlaufen ebenfalls durch ein Internodium, biegen am nächsten Knoten convergirend aus und legen sich an die Lateralstränge des letzteren an, mit denen sich die Schenkel des Medianstranges vereinigen. An der Ausbiegungsstelle der

1) de Bary: Vergl. Anatomie p. 517.
2) Nägeli: Beiträge zur wissenschaftl Botanik. Heft I p. 110 Tafel XIV.

Lateralstränge bildet sich aber meistens noch ein zweiter Schenkel, welcher nach der entgegengesetzten Seite ausbiegt und mit einen Medianstrang des Knotens verschmilzt.

Die 6 Stränge, die man im Querschnitt eines jungen Triebes sieht, stellen somit die Spuren des nächstoberen Blattpaares dar; die zwei in der Mediane des Blattes liegenden Stränge sind die Median-, die anderen die Lateralstränge.

So weit Nägeli. Er scheint bei seinen Untersuchungen nur Internodien mit den 6 primären Bündeln gehabt zu haben, niemals solche, bei denen die Zwischenbündel weit genug ausgebildet waren. Er gedenkt zwar der Thatsache, dass »oft Zwischenbündel vorkämen«, begnügt sich aber damit, zu sagen, dass der Bündelverlauf dann entsprechend complicirter würde. Ich habe nun aber in sämmtlichen mir zu Gebote stehenden Fällen gefunden, dass spätestens im zweitjüngsten Internodium Zwischenbündel angelegt werden, die hier und auch in den folgenden Internodien zur Untersuchung allerdings noch zu schwach sind. Ferner fand ich constant im alten Holz 12 Leitbündel, 6 grössere alternirend mit 6 kleineren. Sobald der Holztheil der Secundärbündel sich ausbildete, traten diese auch in den Blattstiel ein, so dass man bei allen Blättern, mit Ausnahme der jüngsten, nicht eine drei- sondern eine sechssträngige Spur beobachten konnte. Der Untersuchung des Bündelverlaufes in älteren Internodien nach der gewöhnlichen Methode der Maceration im lauwarmen Wasser oder der Behandlung mit Kalilauge stellt aber der starke Festigungsring ein unüberwindliches Hinderniss entgegen; er lässt zwar an den hervorragenden Riefen den oben geschilderten Verlauf der 6 primären Stränge erkennen, verdeckt aber in den Rillen die 6 kleineren Bündel vollständig. Man kann den Verlauf dieser Stränge nur erkennen, wenn man den Festigungsring vom Holzkörper ablöst. Dies geschieht sehr vollständig und glatt dadurch, dass man das innere, zarte Bastparenchym durch Kochen mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali zerstört. Bei vorsichtiger Operation erhält man den unversehrten Holzkörper, an welchem man nun den Verlauf aller 12 Leitbündel sehr genau verfolgen kann. Die 6 grossen, primären Stränge behalten den Verlauf, wie er oben beschrieben ist; die 6 kleineren Zwischenbündel gehen nach ihrem Austritt aus dem Blattstiel ebenfalls nur ein Internodium abwärts und spalten sich dort in zwei Schenkel, die sich an die benachbarten stärkeren Schenkel der Lateral- resp. Mediansträngе anlegen.

Im Blatt ist der Bündelverlauf weit einfacher, wie im Stengel. Das Blatt ist gefiedert, meist so, dass zwei Fiederpaare und ein unpaariges Blättchen an der Spitze vorhanden sind. Im regelmässigsten Falle verlaufen nun die in den Blattstiel eintretenden Bündel derart, dass sich jedes

im Knoten in 3 Schenkel spaltet, von denen die seitlichen in je ein Blättchen ausbiegen, die mittleren sich nach oben in das zweite Internodium fortsetzen. Im zweiten Knoten wiederholt sich dieser Process. Oft geht aber die Dreitheilung jedes Bündels in jedem Knoten nicht so regelmässig vor sich, besonders nicht dann, wenn ausser den drei Hauptbündeln noch drei secundäre Zwischenbündel in den Blattstiel getreten sind. Von diesen letzteren erfahren manche, die gewöhnlich etwas schwach sind, nur eine Zweitheilung, so dass dann die Zahl der Bündel des zweiten oder dritten Blattstiel-Internodiums resp. der Stiele der einzelnen Fiedern um 1—3 verringert ist.

Diesem als Typus hinzustellenden anatomischen Bau von *Clematis Vitalba* schliessen sich die übrigen *Clematis*-Arten und *Atragene alpina L.* an. Dieselben haben im Grossen und Ganzen die oben geschilderte Structur, indem die Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Species nicht beträchtlich sind. Dabei ist zu bemerken, dass gerade die *Clematis*-Arten, welche dem Typus anatomisch am ähnlichsten sind, auch im Wuchs, in der Lebensweise und der Art des Perennirens mit oberirdischen Organen übereinstimmen, zum Unterschied von den Species, welche wurzelperennirend sind, und welche auch in ihrer Structur ein etwas anderes Verhalten zeigen.

Folgende Punkte, welche zwar nicht immer in derselben Vollständigkeit bei den einzelnen Species auftreten, ohne dass dadurch aber die Aehnlichkeit im innern Aufbau gestört wird, characterisiren den Typus:

1) Die Form und Lage des Festigungsringes, sowie seine Zusammensetzung aus Bast und Sklerenchym, welches aus primärem Rindengewebe hervorgegangen ist.
2) Der zarte, secundäre Bastparenchymring, von welchem die Periderm-bildung ausgeht.
3) Die Bildung von Ringelborke ohne Lenticellen.
4) Das Auftreten secundärer Bastbogen mit dazwischenliegenden Streifen von Keratenchym in zwei- und mehrjährigen Stämmen, oder auch in einjährigen, deren Rinde bereits verborkt ist.

Der Gefässbündelverlauf zeigt bei einigen Species geringfügige Modificationen des vorher beschriebenen, auf die ich aber nicht näher eingehen will.

Einige Unterschiede zwischen den Repräsentanten dieses Typus sind folgende:

Einen mit *Clematis Vitalba* ganz gleichen Bau besitzt *Clematis virginica.*

Clematis viticella L. Das Phloëm gleicht an Form und Zusammensetzung dem des Typus; die secundären Bast- und Hornprosenchym-

bildungen pflegen jedoch nicht so zahlreich und zusammenhängend aufzutreten, wie bei *Clematis Vitalba*. Der Holzkörper zeigt mehrere Unterschiede. Allgemein lässt sich davon sagen, dass, da sogleich 12, anstatt 6 Leitbündel angelegt werden, dieselben demgemäss ziemlich gleich gross sind. Ferner ist die Form der Xylemtheile länglicher, nicht so breit und rundlich wie bei *Clematis Vitalba*. Speciell überwiegen die Gefässe und sind in Folge dessen kleiner, als beim Typus. Tracheïden treten fast ganz zurück, während Libriform und Faserzellen den meisten Raum zwischen den Gefässen ausfüllen. Holzparenchym tritt in der Nähe der Markstrahlen in grösserer Menge auf. Die Zellen der Markstrahlen sind zwar auch in radialer Richtung ausgedehnt, aber die Ausdehnung ist nicht so beträchtlich, wie bei *Clematis Vitalba*. Sie sind unverholzt oder zeigen höchstens eine geringfügige Verholzung, die erst nach Anwendung des für Holzstoff sehr empfindlichen Reagens — eine saure Lösung von schwefelsaurem Anilin — sichtbar wird.

Clematis Standishi. Das Auftreten von Zwischenbündeln ist niemals beobachtet worden, sondern stets 6 gleich grosse Fibrovasalkörper, deren Holztheile in ihrer Form genau einem Keil gleichen. Die Markstrahlen müssen unter diesen Verhältnissen dieselbe Gestalt haben. Die Cambiumstränge sind kleiner, als bei *Clematis Vitalba*, ihre secundären Bastlagen zuweilen jedoch ziemlich stark.

Clematis lanuginosa, in den letzteren Verhältnissen mit der vorigen Species übereinstimmend, unterscheidet sich davon durch die Gestalt der Holzkörper, welche nicht so ausgeprägt keilförmig, sondern mehr rundlich sind.

Clematis integrifolia L. und *Clematis hybrida* stimmen darin überein, dass ihre primäre Rinde sehr früh abstirbt und in Borke verwandelt wird. Während *Clematis hybrida* sich dann aber dem Typus mehr anschliesst, zeigt *Clematis integrifolia* einige characteristische Unterschiede. Das secundäre Bastparenchym ist schwach ausgebildet, und nur die äusserste, an den Festigungsring stossende Lage desselben geht in Periderm über; nachträgliche Peridermbildungen innerhalb der ersteren erfolgen bei dieser Clematis-Species nicht mehr. Die innere Lage des secundären Bastparenchyms verholzt, ohne dass aber die Zellmembranen beträchtliche Verdickungen erfahren. Secundäre Bastbelege um die Cambiumstränge fehlen; an ihre Stelle tritt eine dem dichten Hornprosenchym in der Form ganz gleiche Gewebeschicht, nur dass die Verholzung der wachsartig zusammengeflossenen Membranenmasse unterbleibt, was indessen kein hauptsächlicher Unterschied ist. Der Holzkörper, in seiner Form dem von *Clematis Vitalba* gleich, ist in seiner Zusammensetzung viel einfacher, wie dieser, indem er

nur Gefässe und als Füllzellen dazwischen nur Holzparenchym aufweist; Tracheïden fehlen ihm.

Ausser diesen Species von *Clematis* schliesst sich noch *Atragene alpina L.* dem Typus an. Der Bau ist derselbe, wie bei *Clematis Vitalba*, nur dass höchstens 4 Zwischenbündel auftreten, die frühestens im zweiten Jahre angelegt werden. Dass die Markstrahlzellen stets unverholzt sind, ist bereits erwähnt.

II. Unterfamilie.

Anemoneae.

In dieser Tribus sind zwei getrennte Typen zu unterscheiden, welche den beiden Hauptgattungen derselben, *Anemone L.* und *Thalictrum Tourn.* entsprechen. Als Repräsentanten des zweiten Typus habe ich die *Anemone pratensis L.* gewählt.

2. Typus.

Anemone pratensis L. (*Pulsatilla pratensis Mill*).

Wurzel; Die Hauptwurzel der Keimpflanze bleibt während der ganzen Lebenszeit der Pflanze bestehen und entwickelt sich nach und nach zu einer kräftigen, oft 2 Fuss langen, senkrecht abwärts steigenden, stark holzigen, dunkelbraunen Pfahlwurzel. Nebenwurzeln werden gewöhnlich in nicht zu grosser Anzahl erzeugt.

Ein Längsschnitt durch den Vegetationspunkt der Hauptwurzel lässt erkennen, dass das Wachsthum nach dem dritten der 6 von Janczewski[1]) und Erikson[2]) aufgestellten Typen vor sich geht. Der Centralcylinder allein hat ein selbständiges Meristem, während Rinde, Epidermis und Wurzelhaube aus gemeinsamen Meristeminitialen hervorgehen. Das Plerom hebt sich auf gut geführten Schnitten und besonders, wenn das Präparat mit Kalilauge und Alkohol behandelt ist, sehr deutlich gegen das Periblem (Rinde) ab. Die weitere Entwickelung der drei Wurzelelemente Epidermis, Periblem und Plerom geht bei *Anemone pratensis* in der bei den meisten Phanerogamen beobachteten Weise vor sich. Die Epidermiszellen wachsen in die Länge und theilen sich senkrecht zur Oberfläche; zahlreiche Wurzel-

1) Janczewski: Das Spitzenwachsthum der Phanerogamenwurzel. Bot. Zeitung 1874 p. 113.

Janczewski: Recherches sur l'accroissement terminal des racines dans les Phanerogames. Annales des sciences naturelles, ser. V vol. XX p. 162.

2) Erikson: Über den Vegetationspunkt der Dicotylen-Wurzel. Bot. Zeitung 1876 p. 641.

haare in Form einfacher, langer Schläuche gehen von ihnen aus. Die Periblemzellen, vorzüglich die mittleren, wachsen beträchtlich in die Länge und in die Dicke; sie lassen wenige und kleine Intercellularräume zwischen sich, haben in jungen Wurzeltheilen eine fast polyedrische Form und liegen in mehreren, concentrischen, aber nicht radial gestellten Reihen geordnet um das Plerom. Die Periblem- oder Rindenschicht hat in den schwächeren, jüngeren Theilen der Hauptwurzel und in den Nebenwurzeln eine relativ bedeutende Ausbildung. Die Zellen sind gross, zartwandig und stets mit Stärke erfüllt. Sie hauptsächlich bilden den Speicher für das Reservematerial, das die Pflanze den Sommer über durch den Assimilationsprocess gewinnt, um es im Frühjahr zur Bildung des Blütenschaftes der Blätter und der Blüte zu verwenden. In den älteren Theilen der Wurzel bleibt die Rindenentwickelung im Vergleich zur Zunahme des Pleroms zurück. Die innerste Zellschicht des Periblems, deren Zellen klein bleiben, wird zur Endodermis; die Membranen zeigen die characteristischen, von Caspary zuerst beobachteten schwarzen Punkte, welche bekanntlich von einer Undulation herrühren.

Die Pleromzellen endlich nehmen eine langgezogene Form an, theilen sich vorwiegend der Länge nach und werden zu den Elementen des Fibrovasalkörpers, der in cylindrischer Form die Axe der Wurzel bildet. Der äusserste an die Endodermis oder Schutzscheide stossende, mit dieser concentrische Zellring wird zum Pericambium, in welchem die Nebenwurzeln entspringen.

Ein Querschnitt kurz oberhalb der Wurzelspitze zeigt den typischen Wurzelbau der Dicotylen. Unter der einschichtigen, braunwandigen Epidermis liegt die aus mehreren Zellschichten bestehende Rinde, deren äussere und innere Zellen wenig grösser, als die Epidermiszellen sind.

Der axile Gefässkörper, von dem einschichtigen Pericambium umgeben, ist triarch: es sind 3 Holztheile vorhanden, welche im frühesten Zustand nur aus einigen Spiral- oder Ringgefässen bestehen, alternirend mit ebenso viel Phoëmkörpern, die aus einer Anzahl Siebröhren zusammengesetzt sind. Ob eine bestimmte Ziffer in der ersten Anlage des Fibrovasalkörpers der Wurzel typisch für grössere Gattungen oder natürliche Familien ist, lässt de Bary [1]) dahingestellt. Er constatirt aber, dass dies der Fall zu sein scheint bei den Familien, von welchen eine grössere Anzahl Individuen darauf hin untersucht ist. Die *Ranunculaceen* gehören nach meinen Beobachtungen nicht zu diesen Familien, da hier die Zahlen 2—5 — einmal habe ich sogar 7 gefunden — ohne jegliche Regel bei den einzelnen Gattungen wechseln. Selbst für einzelne Species habe ich nicht

1) de Bary: Vergl. Anatomie p. 367.

nur bei verschiedenen Individuen, sondern sogar bei demselben Individuum (*Thalictrum galioides*, *Thal. flavum* etc.) keine constante Zahl finden können. Einmal habe ich sogar bei derselben Wurzel (unbestimmte *Thalictrum spec.*) in verschiedenen Regionen differente Zahlen gefunden.

Den oben geschilderten typischen, triarchen Wurzelbau, der für *Anemone pratensis* ganz constant zu sein scheint, kann man entweder nur an ganz jungen Wurzeln, oder an den allerjüngsten Theilen älterer Wurzeln, also an Stellen kurz oberhalb der Wurzelhaube finden. Unmittelbar nach der Anlegung wird er durch den von der Innenseite der Siebröhrengruppen ausgehenden Dickenzuwachs verändert, so dass er um so unkenntlicher wird, je mehr man sich den älteren, dickeren Theilen der Wurzel zuwendet.

Macht man einen Querschnitt durch einen älteren Theil der Wurzel, so sieht man von dem ursprünglich triarchischen Bau des Fibrovasalkörpers nichts mehr. Das Dickenwachsthum hat sich zunächst darin geäussert, dass das cambiale »Verbindungsgewebe[1]« zwischen den drei Holztheilen sich in Holzelemente umgewandelt hat, so dass nun ein unregelmässiger Holzstrang die Axe der Wurzel einnimmt. Um den Holzstrang hat sich das »Verbindungsgewebe« zu einem thätigen Cambiumring umgewandelt, zu welchem die Tangentialtheilungen der Zellen, welche der Innenseite der drei primären Siebröhrengruppen angrenzen, den ersten Anstoss gegeben haben. Anfänglich ist der Ring unregelmässig eingebuchtet, da er bei seiner Anlegung der Anordnung der primären Gefäss- und Siebgruppen folgt. Indem aber die Gewebeproduction auf der Holzseite ringsum ungleichmässig erfolgt, und zwar am ausgiebigsten an den Ausgangspunkten der Cambiumbildung, so werden die Einbuchtungen des Ringes bald abgeflacht, so dass sein Querschnitt nun die Form eines normalen Kreises erhält. Bei *Anemone pratensis* ist die Cambiumbildung der Wurzel eine ungemein energische; es stellt sich als ein starker Gewebecylinder dar, der sich gegen den axilen Holzstrang, sowie gegen die schmale Rinde durch die trüb graue Farbe seines Protoplasmas scharf abhebt. Der Holzkörper erhält durch den steten Zuwachs eine charakteristische Form; er wird zweitheilig, ähnlich zweien, diamentral gegenüberliegenden Keilen, welche im Centrum mit ihren Schmalseiten zu einem compacten Körper verschmolzen sind.

Durch die beträchtliche Vergrösserung des Gefässbündelkörpers wird ein bedeutender Druck auf die andern, nach aussen liegenden Gewebe ausgeübt, gegenüber welchem letztere ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen. Die äusseren nicht zum Cambium gehörigen Pleromzellen, sowie

---

1) So benennt van Tieghem die Gesammtheit der zwischen Gefäss- und Siebtheile eingeschobenen Zellen. Vergl. de Bary: Vergleichende Anatomie p. 365.

das Pericambium geben diesem Drucke nach, indem sie sich tangential strecken und radial theilen. Ebenso verhalten sich merkwürdiger Weise die Zellen der Endodermis, welche indessen bei diesem Process ihre Eigenschaft als solche verlieren und nun keine Grenze mehr zwischen Rinde und Plerom bilden. Die Rinde und die Epidermis konnten dem Dickenwachsthum nicht in gleichem Maasse folgen. Ihre ursprünglich isodiametrisch polygonalen Zellen werden platt gedrückt, so dass der Querschnitt die Form eines tangential gedehnten Rechtecks annimmt.

Ein summarischer Blick über den Querschnitt eines alten Wurzeltheiles liefert uns folgendes Bild: Die Mitte wird von einem zweitheiligen, scheinbar aus zwei verschmolzenen Keilen bestehenden Holzkörper (Fig. 3. 1) eingenommen, der von einem starken, aus genau radial gestellten Zellreihen sich zusammensetzenden, grau trüben Cambiumcylinder (Fig. 3. 2) umgeben ist. Um diesen schliessen sich die Rinde und die braunwandige Epidermis, welche sich scharf vom Cambium durch die Grösse der Zellen abheben.

Was nun die einzelnen Elemente des Fibrovasalstranges in älteren Wurzeltheilen anbelangt, so zeichnet sich das Phloëm, wie schon mehrfach angedeutet, durch die grosse Menge Cambiform- und thätiger Cambiumzellen aus. Prosenchymatische Bastzellen, sowie Steinzellen oder sonstige Sklerenchymelemente fehlen der Wurzel von *Anemone pratensis*.

Der Holzkörper besteht in seiner Hauptmasse aus echten Gefässen: Tüpfel-, Netz-, Ring- und Spiralgefässen. Daneben treten aber sehr viel Holzparenchym- und auch gefächerte Faserzellen auf. Sie sind auf dem Querschnitt durch das von der Umgebung verschiedenen Lichtbrechungsvermögen ihrer Zellmembranen deutlich erkennbar.

Stengel: Der Stengel ist verhältnissmässig einfach gebaut; sein Aufbau erfolgt nach dem normalen Dicotylen-Typus: In einem Ringe liegen die Gefässbündel, durch Markstrahlen von einander getrennt, collateral nebeneinander. Auch der Bau des ersten Typus und der ihm folgenden *Clematideen* gehörte zu dem normalen Typus der Dicotylen, und doch ist das Bild eines Querschnittes von *Clematis Vitalba* ganz verschieden von demjenigen eines Querschnittes von *Anemone pratensis*.

Der Stengel von *Anemone pratensis* ist vollkommen cylindrisch und zeigt nirgends hervorspringende Riefen, wesshalb es erklärlich ist, dass die Collenchymstränge fehlen. Unter der einschichtigen Epidermis liegt ein gleichmässig starkes, wenig chlorophyllführendes Rindenparenchym, an das sich nach innen ein Festigungsring anschliesst. Auch hier finden wir

also dieses Merkmal wieder. Der Ring liegt hier aber nicht, wie bei *Clematis Vitalba* in der Rinde, sondern ist ganz und gar dem Fibrovasalkörper angehörig. Bei *Anemone pratensis* ist derselbe aus zweierlei Gewebselementen zusammengesetzt, echten Faserbastgruppen und sklerenchymatisch verdickten Parenchymzellen. Die ersteren umgrenzen unmittelbar die Aussenseite je eines Cambiumstranges, gehören also direct zu den Leitbündeln. Ihre Form, zumal bei den stärkeren Bündeln ist eigenthümlich. Während man bei der grossen Mehrzahl der krautigen Dicotylen die Faserbaststränge auf dem Querschnitt bogen- oder halbmondförmig findet, springt bei *Anemone pratensis* auf der Innenseite der halbkreisförmigen Bastkappen noch eine Leiste in die Mitte des Weichbastes vor. (Fig. 4. a). Die einzelnen Bastkappen werden hier im Gegensatz zum ersten Typus durch äusserere skerenchymatisch verdickte Markstrahl- nicht Rindenzellen zu dem oben erwähnten Festigungsring zusammengeschlossen, Diese interfasciculären Verbindungsglieder (cf. Fig. 4), welche mit den Faserbaststrängen aussen in gleicher Höhe ansetzen, heben sich scharf gegen das Rindenparenchym ab, gehen aber in der Zone der Cambiumstränge allmälig in das unverholzte, dünnwandige Markstrahlgewebe über. Dabei ereignet es sich, dass kleine Bündel, welche häufig je 1 zwischen zwei grösseren liegen, vollkommen auf ihrer Holzseite von dem interfasciculären Sklerenchym der beiden Nachbarstränge umschlossen werden. Die innere Seite der unter den Faserbastkappen liegenden Weichbastgruppen wird von den Holzkörpern begrenzt, welche gegen das Mark stets abgerundet sind.

Ueber die einzelnen Bestandtheile der Fibrovasalbündel ist wenig zu erwähnen. Das Phloëm besteht innerhalb des Faserbastes aus Cambiform und Siebröhren, das Holz nur aus Gefässen und Holzparenchymzellen. Letztere erkennt man auf dem Querschnitt leicht an dem von der Umgebung verschiedenen Lichtbrechungsvermögen ihrer Membranen. Auf dem Längsschnitt sind sie durch ihre Lage zwischen den Gefässen und ihre parenchymatische Form charakterisirt. Die Zahl der im Kreise vertheilt liegenden Gefässbündel ist durchschnittlich 32, von denen sich etwa die Hälfte durch ihre Grösse vor den übrigen auszeichnet.

Der Bau des Markes ist ebenso einfach, wie derjenige der Rinde. Es besteht durchweg aus mässig grossen Parenchymzellen, deren unverholzte Membranen mit einfachen Poren versehen sind. Der innerste Theil des Markes ist oft zerrissen.

Blütenstiel: Der Blütenstiel von *Anemone pratensis* ist die Hauptaxe, am Grunde der Blüte von drei, an der Basis scheidenartig miteinander verwachsenen Involucralblättern umgeben. Der anatomische Bau desselben

unterscheidet sich von dem des eigentlichen Stengels durch die schwächere Ausbildung und das allmälige Verschwinden des Faserbastes. In der Zahl der Gefässbündel findet eine Reduction auf ca. 24 statt, von denen sich gleichfalls die Hälfte durch bedeutendere Grösse vor den übrigen auszeichnet.

Behaarung: Stengel und Blätter von *Anemone pratensis* sind in der Jugend mit einem dichten Filz silbergrauer Haare bedeckt. In anatomischer Hinsicht sind dieselben von möglichst einfachem Bau. Alle Haare sind einerlei Art, einzellige, lange, theils farblose, theils mit zart rosafarbenem Inhalt angefüllte Schläuche, welche von der Epidermis ausgehen.

Diesem Typus schliessen sich die meisten *Ranunculaceen* an; von den *Anemoneen* folgen ihm sämmtliche Species mit Ausnahme der Gattung *Thalictrum Tourn.* Die Hauptunterschiede im Bau der einzelnen Species finden sich im Festigungsring, der bei den meisten vorhanden ist.

Betrachten wir zunächst einige Species der Untergattung *Pulsatilla Mill*, welche von unserem Typus morphologisch so wenig unterschieden sind, dass einige Autoren sie nur als Varietäten einer Urspecies betrachten. Anatomisch sind die vier reinen Species dieser Untergattung: *A. prat. L. A. Pulsatilla L. A. vernalis L. A. patens L.* ziemlich scharf von einander durch das Vorhandensein resp. Fehlen des Festigungsringes zu unterscheiden.

Ein vollkommener Festigungsring, also aus Faserbaststrängen und interfasciculärem Sklerenchym, wie bei *Anemone pratensis* bestehend, findet sich bei der ihr nächst verwandten *Anemone Pulsatilla L. (Pulsatilla vulgaris Mill*, Fig. 5). Derselbe setzt sich gegen die Rinde scharf ab, unterscheidet sich aber von dem des Typus dadurch, dass die interfasciculären Sklerenchymzellen weniger stark verdickt sind. Ausserdem zeigen die Faserbastkappen niemals den in den Cambiumstrang vorspringenden Riefen. Der Stengel ist hohl.

Anemone vernalis L. (Pulsatilla vernalis, Fig. 6): Der Festigungsring ist unvollkommen, d. h. es fehlt das interfasciculäre Sklerenchym. Die Bastkappen sind zwar vorhanden, aber ihre Zellen sind relativ wenig verholzt und zeigen ein grosses Lumen. Die übrigen Merkmale sind dieselben, wie bei *A. Pulsatilla.*

Anemone patens L. (Pulsatilla patens Mill): Der Festigungsring fehlt ganz, d. h. weder interfasciculäres Sklerenchym noch Faserbast ist vorhanden.

Ausgezeichnet lassen sich an den zahlreichen Bastarden zwischen

diesen Species die Uebergänge vom Vorhandensein bis zum vollkommenen Verschwinden des Festigungsringes beobachten.

Von den übrigen *Anemone*-Species nähert sich in Bezug auf den Ring am meisten *Anemone narcissiflora L.* und *A. baldensis L.* (Fig. 7) dem Typus. Bei beiden sind die äusseren Markstrahlzellen zwischen den Bastkappen stark verdickt und verholzt. Die Sklerose der Zellen erstreckt sich bei *A. narcissiflora* jedoch selten bis in die Zone der Weichbaststränge oder des Xylems, während im Gegensatz dazu bei *Anemone baldensis L.* von dem interfasciculären Sklerenchym aus sich eine stark verholzte Strangscheide um die Holztheile der Bündel zieht. Die Faserbaststränge beider Species sind flach ohne vorspringende Leiste.

Anemone Hepatica L. (Hepatica triloba D. C.) zeichnet sich dadurch aus, dass das Rindenparenchym, welches hier sehr wenig Chlorophyll enthält und Markgewebe ganz gleichmässig in Hinsicht der Zellgrösse und Membrandicke sind, so dass der Leitbündelring in einem homogenen Grundgewebe eingebettet erscheint. Und dennoch ist auch hier ein vollständiger Festigungsring wenigstens dadurch angedeutet, dass die Markstrahlzellen in der Höhe der Faserbastgruppen eine Verholzung erfahren, die allerdings erst nach Zusatz von schwefelsaurem Anilin bemerkbar wird. Die tingirte, interfasciculäre, verholzte Zone ist gegen das äussere Rindenparenchym, sowie gegen das Markstrahlgewebe scharf abgesetzt. Die Faserbastkappen sind flach und umfassen nicht die Seiten der Cambiumstränge, was bei sämmtlichen vorhergehenden Species der Fall war.

Einige Eigenthümlichkeiten weisen *Anemone nemorosa L.* und *A. ranunculoides L.* auf. Der Festigungsring ist bei ersterer nur in den unvollkommenen, nicht einmal regelmässig auftretenden Baststrängen angedeutet. Bei *Anemone ranunculoides* fehlt, entsprechend der grossen Hinfälligkeit der Pflanze, jede Spur von Baststrängen. Dagegen zeigen beide die Eigenthümlichkeit, dass das Rindenparenchym gegenüber den Markstrahlzellen stärkere Membanen hat, die indessen nicht verholzt sind. Die Grenze zwischen Rinde und Markstrahl ist dadurch deutlich zu erkennen. Die Zahl der Gefässbündel im Stengel von *Anemone ranunculoides* ist 8. Desgleichen finden sich 8 Leitbündel im Stengel von *Anemone nemorosa*, dagegen 11 im Blütenstiel, obgleich der Durchmesser des letzteren viel geringer ist, und im Gegensatz zu der, wie es scheint allgemeinen Regel, wonach die Zahl der Bündel im Blütenstiel abnimmt.

Nahe verwandt mit *Anemone* in morphologischer Hinsicht ist die Gattung *Adonis* Dill; auch ihr anatomischer Bau schliesst sich bis auf geringfügige Unterschiede daran an, und dennoch sind diese Unterschiede derart, dass man einen Stengelquerschnitt von Adonis kaum mit dem

Querschnitt eines Stengels von *Anemone* verwechselt. Zwei Species von Adonis habe ich einer genaueren Untersuchung unterzogen.

Adonis autumnalis L. (Fig. 9). Der Stengel ist gerieft und hat starke Collenchymstränge unter den Riefen, was ich bei keiner einzigen Species von *Anemone* gefunden habe. Unter jeder Riefe und jeder Rille liegt ein Fibrovasalstrang, eine Regel, die indessen nicht immer inne gehalten wird, so dass man die Anzahl der Riefen und Rillen nicht als Kriterium für die Anzahl der Leitbündel ansehen darf. An den Gefässbündeln fallen die sehr grossen, aber wenig starken Faserbaststränge auf; ihre Zellen sind verhältnissmässig sehr wenig verdickt und verholzt. Die Bastkappen werden bei dieser Species auf dieselbe Weise zu einem Festigungsring verbunden, wie bei *Hepatica triloba*, indem die Membranen der äusseren Markstrahlzellen zwar keine Verdickung, aber eine intensive Verholzung erfahren, wodurch sie sich gegen die unverholzten Rinden- und inneren Markstrahlzellen deutlich abheben. Die Cambiumstränge sind nur klein, während die Xylemtheile relativ gross sind. Letztere bestehen fast nur aus Tüpfelgefässen; Holzparenchym ist wenig vorhanden.

Adonis vernalis L. (Fig. 8) unterscheidet sich von voriger Species auf den ersten Blick durch die ungemein starken, nahe aneinander gerückten Faserbaststränge. Sehr oft sind mehrere Stränge seitlich miteinander verschmolzen und bilden einen grossen Complex von Bastzellen; wo dies nicht der Fall ist, sind die einzelnen Bastkappen durch starkes interfasciculäres Sklerenchym verbunden, so dass wir also einen vollständigen Festigungsring haben. Das Rindenparenchym ist schwächer, wie bei *Adonis autumnalis* und hat kleinere Zellen, die aber voll Chlorophyll sind. Collenchymstränge finden sich auch hier unter den Riefen. Die Zahl der Leitbündel ist grösser als bei *Adonis autumnalis*; es finden sich ca. 30, während dort nur 22-24 waren.

An dieser Stelle möchte ich dem Typus *Anemone pratensis* noch zwei *Clematis Species* anschliessen als Repräsentanten der wurzelperennirenden Gruppe der Clematideen, die bereits pag. 10 erwähnt wurden. Mit der Einjährigkeit des Stengels hängen manche anatomische Eigenschaften zusammen, durch welche diese *Clematis*-Arten in nähere Verbindung mit dem Typus *Anemone pratensis* kommen; andererseits deuten jedoch auch manche Structureigenschaften auf den Typus *Clematis Vitalba* hin. Man kann daher die betreffenden Arten als Verbindungsglieder zwischen beiden Typen betrachten.

Dem Typus I *(Clematis Vitalba)* nähert sich *Clematis Flammula L.* dadurch, dass durch Bildung von interfasciculärem Cambium ein vollständiger Cambiumring erzeugt wird, der indessen entweder gar nicht, oder nur sehr wenig thätig ist, und somit auch keine secundären Neubildungen

hervorruft. Desgleichen wird noch von den einzelnen, anfänglich getrennten Cambiumsträngen secundäres Bastparenchym erzeugt, welches sich aber nicht mehr zu einem zusammenhängenden Ring zusammenschliesst, sondern in einzelnen schwachen Lagen getrennt bleibt. Es unterbleibt dagegen die Bildung von Periderm und mithin die Bildung von Ringelborke; es unterbleibt ferner der Zusammenschluss der einzelnen Faserbaststränge durch interfasciculäres Rindenparenchym. Dagegen besitzt *Clematis Flammula* innerhalb des Cambiumringes einen Festigungsring, welcher dadurch hervorgerufen wird, dass die einzelnen Holzkörper durch sklerotisch verdicktes Markstrahlgewebe verbunden werden. Der Stengel ist gerieft, unter jeder Riefe liegt ein mässig starker Collenchymstrang. Die Zahl der Hauptbündel ist 12; dazwischen liegen aber meist noch kleinere Nebenbündel. Der Holzkörper besteht in der Hauptsache aus Tüpfelgefässen, welche zuweilen noch Spiralverdickungen zeigen. Libriform ist wenig vertreten, zahlreicher dagegen das Holzparenchym in Strängen angeordnet. Endlich finden sich noch Tracheïden mit einfacher Spiralzeichnung.

Clematis recta L. unterscheidet sich von *Clematis Flammula* durch den Mangel von interfasciculärem Cambium und secundärem Bastparenchym. Das interfasciculäre Markstrahlsklerenchym reicht hier über die Zone der Cambiumstränge hinaus bis in die halbe Höhe der Bastsicheln. Letztere umschliessen das Cambium seitlich nicht vollständig. Diese *Clematis* Art schliesst sich somit vollkommen an den Typus *Anemone pratensis* an.

Einem anderen eigenen Typus in der Unterfamilie der *Anemoneen* folgt die Gattung *Thalictrum Tourn*; ich wähle als

III. Typus:

Thalictrum minus L.

Wurzel: Die Hauptwurzel, welche bald abstirbt und durch reichliche Adventivwurzeln ersetzt wird, habe ich nicht Gelegenheit gehabt zu untersuchen. Die Anzahl der Adventivwurzeln ist bedeutend, und da sie ihrerseits noch wieder Nebenwurzeln erzeugen, so wird ein stark verzweigtes Wurzelsystem gebildet, dessen Spitzen dünn und ziemlich lang sind. Die Entwickelung der Adventivwurzeln erfolgt wie bei *Anemone pratensis*, nach dem dritten Typus Janczewski's[1]) und zeigt in ihrem ferneren Fortgang höchst characteristische Eigenthümlichkeiten.

Ein Querschnitt durch eine junge Wurzel zeigt folgendes Bild (Fig. 10.): In der Mitte liegen kreuzförmig zu einander gestellt die 4 Holztheile eines

1) cf. pag. 12.

tetrarchen Fibrovasalkörpers, alternirend mit 4 Siebröhrengruppen. Das Xylem besteht nur aus wenigen Spiral- und Ringgefässen. Der übrige Raum innerhalb des ringförmigen, einschichtigen Pericambiums wird von Verbindungsgewebe erfüllt. Sehr schön ist die um das Pericambium lagernde Endodermis zu beobachten. Die Zellen derselben sind auf dem Querschnitt fast quadratisch, lassen deutlich ihre Membranen hervortreten und sind verholzt, die einzigen verholzten Zellen der Wurzel in diesem Stadium des Wachsthums ausser den wenigen, nicht zu verkennenden Gefässen. Die Rinde besteht aus 4—5 zartwandigen, scheinbar interstitienloser Zellschichten.

Dieser Zustand hält einige Zeit an und verschwindet bei Weitem nicht so rasch, wie bei *Anemone pratensis*. Da hier überhaupt die secundären Veränderungen des Wachsthums successive in grösseren Intervallen vor sich gehen, so sind die Wurzeln von *Thal. minus* und auch der übrigen *Thalictrum*-Arten vorzüglich für das Studium der Entwickelungsgeschichte geeignet. Die erste secundäre Veränderung zeigt sich in der Bildung eines Cambiumringes, zu welcher hier genau so, wie bei *Anemone pratensis*, der erste Anstoss durch die Theilungen der an der Innenseite der 4 Siebröhrengruppen liegenden Partien des Verbindungsgewebes gegeben wird. Die Thätigkeit des Cambiumringes giebt sich zunächst nur in der Production von Weichbast zu erkennen; secundäre Gefässe werden erst später erzeugt. Bei diesem Vermehrungsprocess werden die Siebröhrengruppen nach aussen geschoben; je ein strahliger Gewebestrang verbindet sie mit dem Cambium. Zwischen den primären Siebröhrengruppen und dem Pericambium bleibt aber ein 3—5 Lagen starker, überall gleichmässig dicker Gewebering, dessen Zellen schon frühzeitig Collenchym-Verdickungen erfahren. Durch die starke Production von Weichbastelementen wird aber auch auf die äusseren Gewebepartien ein starker Druck ausgeübt, der mehrere derselben zu Radialtheilungen veranlasst. Auf diese Weise erweitert sich zunächst der concentrische Collenchymring innerhalb des Pericambiums, das Pericambium selbst und, was besonders wichtig und zugleich merkwürdig ist, die Endodermis, merkwürdig insofern, als bereits früh verholzte Zellen ihre Lebensfähigkeit behalten und sich noch theilen. Man kann die neuerzeugten Radialwände gerade in der Endodermis sehr schön beobachten, da dieselben nämlich nicht unmittelbar nach ihrer Bildung verholzen. Die Rinden- und Epidermiszellen theilen sich nicht. Sie werden zuerst platt gedrückt und, wenn der Druck zu stark wird, so dass die Festigkeit der Zellmembranen nicht mehr hinreicht, ihn auszuhalten, zerrissen und abgesprengt. In diesem Fall, der sehr häufig eintritt, bildet dann die Endodermis die äussere Umhüllung der Wurzel und wird gleichsam zur Epidermis.

Im weiteren Verlauf (Fig. 11) des secundären Wachsthums werden nun Gefässe erzeugt. Dabei ist hervorzuheben, dass bei *Thalictrum* die erste secundäre Holzvermehrung sich niemals dadurch kund giebt, dass der innere, centrale, zwischen den 4 primären Holzgruppen liegende Strang von Verbindungsgewebe »durchwachsen« d. h. in Holzelemente umgewandelt wird, sondern dass sich die ersten secundären Holzelemente, hier stets Gefässe, seitlich an die 4 primären Gruppen anlagern und letztere zu einem Viereck schliessen. Mit den ersten secundären Gefässen bilden sich gewöhnlich auch 4 secundäre Siebröhrengruppen, welche in den von den primären Siebgruppen nach dem Cambium verlaufenden, strahligen Zellsträngen kurz vor den secundären Gefässen liegen.

Bisher waren die Veränderungen, welche durch das Dickenwachsthum der Wurzel hervorgerufen wurden, nur geringe und derartige, dass man den ursprünglichen Bau stets noch leicht wiedererkennen konnte. Ganz anders bei älteren Wurzeltheilen; denn nun sieht das Bild plötzlich sehr verschieden von dem vorigen aus. Das Gefäss-Viereck ist dasselbe geblieben, an Stelle des centralen Stranges von Verbindungsgewebe ist aber ein mächtiger Libriformstrang getreten (Fig. 12); desgleichen haben sich 4, zunächst noch schwache Libriformstränge vor den 4 primären Gefässgruppen gebildet. So bleibt das Bild von nun an, nur dass sich die 4 Libriformstränge vor den Gefässen stärker ausbilden. Zwischen diesen Strängen vergrössern sich dann aber noch bis zur gleichen Grösse mit ihnen die innerhalb der 4 secundären Siebgruppen liegenden secundären Gefässgruppen (Fig. 13), die indessen von dem Libriform und den primären Gefässgruppen stets durch zartwandiges Gewebe getrennt bleiben.

Überschauen wir noch einmal summarisch den fertigen Bau eines alten Wurzeltheiles, so sehen wir die Axe von einem mächtigen Libriformstrang eingenommen, in einiger Entfernung davon, kreuzförmig darum gestellt, 4 andere Holzfaserstränge. Alternirend mit diesen 4 letzteren Strängen liegen 4 grössere Gefässgruppen, während unter den 4 Strängen, d. h. zwischen ihnen und dem Centralstrang, 4 kleinere Gefässkörper liegen. Alle Gefässgruppen sind von einander und dem Libriform durch zartwandiges Gewebe getrennt. Der ganze Holzcomplex wird von einem Cambiumring umschlossen, dem sich zunächst nach aussen, oberhalb der 4 grossen Gefässgruppen zwischen den 4 Armen des Libriformkreuzes 4 Siebröhrengruppen und genau radial etwas weiter ausserhalb davon 4 andere, primär entstandene Siebröhrengruppen anschliessen. Zwischen den 8 Siebgruppen findet sich zartes Cambiformgewebe, welches von einer fast geometrisch genau concentrischen Collenchymschicht umschlossen wird. Die Collenchymlage wird von der nunmehr zur Epidermis gewordenen,

verholzten Endodermis umgrenzt. Zuweilen bleibt jedoch die Rinde bestehen; dann findet man zerstreute Steinzellen in ihr. Desgleichen sind einzelne zerstreute Zellen des Cambiforms zu Sklerenchymzellen metamorphosirt.

Dieser kurz entwickelte Wurzelbau ist insofern characteristisch für sämmtliche Species der Gattung *Thalictrum*, als die Lagerungsverhältnisses der einzelnen Gruppen stets dieselben bleiben, wenn sich auch die Anzahl derselben verändert. Hier muss ich auf das schon früher (pag. 13) Angedeutete in Bezug auf die Anzahl der primären Gefässanlagen zurückkommen. Es war bisher die herrschende Meinung, dass die Anzahl der primären Gefässanlagen bei der grossen Mehrzahl gleichwerthiger Wurzeln einer Species die gleiche sei; für gleichwerthige Wurzeln desselben Individuums nahm man eine feste Constanz der Zahl der primären Wurzelbündel an. Beide Annahmen treffen für die Species der Gattung *Thalictrum* nicht zu, denn hier schwanken die Zahlen 3 bis 5, ja bis 7, nicht nur bei verschiedenen, sondern sogar bei demselben Individuum. Den schon erwähnten Fall, wo ich in derselben Wurzel in verschiedenen Regionen differente Zahlen, 4, 5 und 7, gefunden habe, betrachte ich als Abnormität, vielleicht durch den Parasitismus eines Pilzes hervorgerufen, da die Stellen der Wurzel, wo die von der typischen Zahl 4 abweichenden Zahlen 5 und 7 gefunden wurden, knotig angeschwollen waren [1]). Die Zahl 4 ist allerdings vorherrschend, aber lange nicht in dem Maasse, wie bei anderen Dicotylen, wo individuelle Schwankungen nur selten vorkommen.

Gleich bei unserem Typus finden sich viele Wurzeln, sogar am selben Individuum, deren Gefässbündelanlage nicht tetrarchisch, sondern triarchisch ist. Demgemäss ist auch das spätere Secundärwachsthum ein anderes, wie das vorher beschriebene. Es werden in diesem Falle nicht 4 kreuzförmig um den Centralstrang gestellte Libriformstränge gebildet, sondern nur 3, unter einem Winkel von 120° zu einander geneigte Stränge, und zwischen ihnen nur 3 secundäre Gefässgruppen, die, da hier der Raum, in welchem sie sich entwickeln können, grösser ist, als vorher, auch eine beträchtlichere Grösse haben. Vor den 3 secundären Gefässgruppen lagern sich auch nur 3 secundäre Siebgruppen, die ebenfalls in ihrer Grösse von den vorigen differiren.

Andererseits kommt jedoch auch vor, dass die erste Anlage von Holz- und Siebgruppen eine 5gliedrige ist. Dann sehen wir um den centralen Libriformstrang 5 symmetrisch gelagerte Holzstränge liegen, dazwischen 5 secundäre Gefässkörper, 5 secundäre Siebgruppen etc.

1) Vergl. darüber das pag. 27 Gesagte. — Eine Ausnahme von obiger Regel war früher schon bei Helleborus und Actaea bekannt, wo ebenfalls die Zahlen 3—5 ganz beliebig bei gleichwerthigen Wurzeln ein und desselben Individuums schwanken.

Cf. Hayne: Darstellung und Beschreibung der Arzneigewächse Bd. I p. 9 u. 14.

Möge indessen die primäre Anlage des Fibrovasalkörpers der Wurzel beschaffen sein, wie sie wolle, so bleiben doch im Verlaufe der weiteren Entwickelung folgende Punkte überall dieselben:

1) Die primären Siebröhrengruppen bleiben in der Nähe des Pericambiums bis in das späteste Alter, alternirend mit den primären Gefässgruppen; von ihnen geht nach dem Centrum hin ein radial strahliger Gewebestrang, in welchem mindestens je eine secundäre Siebröhrengruppe erzeugt wird.
2) Die primären Gefässgruppen sind in allen Entwickelungsstadien als solche zu erkennen; sie bleiben von den secundären Gefässen durch zartes Parenchymgewebe getrennt. Vor ihnen bildet sich je ein secundärer Libriformstrang.
3) Das erste secundäre Wachsthum des Holzkörpers äussert sich dadurch, dass sich seitlich an die primären Gruppen neue Gefässe anlegen, nicht an der Innenseite. An Stelle des cambialen Centralstranges tritt stets ein Libriformstrang.

Diese allgemeinen Züge finden sich in der Wurzel-Entwickelung sämmtlicher *Thalictrum*-Species. Über die Einzelheiten im Bau der einzelnen Species glaube ich hinweggehen zu können, weil ich sie nie constant gefunden habe. Nur das Auftreten von Hornprosenchym, welches zuweilen vorkommt, will ich hervorheben. Öfters fand ich es in den Wurzeln von *Thalictrum exaltatum Gaud.*, wo es 4 schwache Lagen zwischen den 4 primären Siebgruppen an der Innenseite des Collenchymringes bildete.

Stengel: Eigenthümlich, wie der Bau der ausgebildeten Wurzel, ist auch der Bau des Stengels. Wir haben in *Thalictrum minus* einen der wenigen, vom normalen Dicotylentypus abweichenden Repräsentanten, deren Bündel nicht in einen einfachen Ring geordnet sind, sondern neben einem solchen normalen Gefässbündelring noch andere, in einen, oder mehrere Ringe geordnete, oder im Mark zerstreute Leitbündel aufweisen (Fig. 14). Die Epidermis ist einschichtig, aus relativ kleinen Zellen bestehend, deren Membran an der Aussenseite eine starke Cuticularisirung zeigt. Unter ihr befindet sich eine reichlich mit Chlorophyll erfüllte, nur 3—4 Reihen starke Rinde; auch die Zellen dieses Gewebes sind nur klein. Hin und wieder kommt unter einigen hervorspringenden Riefen Collenchym vor. Ein starker, nie unter 4 Zellschichten breiter, vollständig geschlossener, echter Sklerenchymring nimmt den inneren Theil der primären Rinde ein und scheidet das Rindenparenchym vom Fibrovasalkörper. Der Innenseite dieses Rindensklerenchymrings innig angeschmiegt, zuweilen halb in ihn eingebettet, liegen die mächtigen Faserbast-

kappen des äussersten Gefässbündelkreises. Wir finden also auch in diesem Typus den Festigungsring wieder, der aber im Vergleich zu dem von *Clematis Vitalba* und dem von *Anemone pratensis* grosse Verschiedenheiten bietet. Bei *Thalictrum* gehört der Festigungsring weder allein der Rinde an, wie bei *Clematis*, noch allein dem Gefässbündelkörper, wie bei *Anemone*, sondern er liegt in gleicher Weise in beiden Zonen vertheilt.

Auf den ersten Blick erscheint der Sklerenchymring einem Ringe aus echten Bastzellen täuschend ähnlich, bei genauer Betrachtung aber und starker Vergrösserung erkennt man Interstitien zwischen den einzelnen Zellen. Ausserdem sind die Zellen bereits vollständig verdickt und verholzt in einem Stadium, wo die Zellen der Baststränge noch dünnwandig und unverholzt sind. Auf diese letztere Thatsache muss besonderes Gewicht gelegt werden, indem einige, später näher zu erörternde *Helleboreen* einen ähnlichen Doppelring besitzen, sich trotzdem aber dem Typus *Anemone* anschliessen. Bei ihnen entsteht nämlich der äussere Rindensklerenchymring erst im Alter als secundäre Bildung, während er bei *Thalictrum* vollkommenprimär auftritt.

Dem Festigungsring zunächst innwärts angelehnt liegen die Mestomstränge des äussersten Leitbündelkreises. Ihm folgen nach innen noch 2—3 Kreise grösserer Bündel, die indessen selten eine scharfe Sonderung erkennen lassen, in der Regel mehr oder weniger in einander übergehen. Das Gesetz der Alternation in der Anordnung der einzelnen Bündel in den Kreisen wird, so gut es geht, innegehalten. Die Bündel der inneren Kreise sind wenig scharf begrenzt, indem sie durch die radiale Ausbildung der Bastkappen in Fühlung mit dem äusseren Sklerenchymring zu treten suchen.

Der Bau des einzelnen Fibrovasalbündels kennzeichnet sich durch die characteristische Form des Holzkörpers, welcher auf dem Querschnitt einer römischen 5 ähnlich sieht (Fig. 15). Diese Form wird durch einen riefenartigen Vorsprung des Cambiumstranges in die Mitte des Xylems hervorgerufen. Die Zusammensetzung des Phloëms und Xylems ist einfacher Natur. Ersteres weist nur wenige, nicht sehr grosse Siebröhren auf; seine Hauptmasse besteht aus Cambiform und thätigen Cambiumzellen. Faserbastkappen um die Weichbastgruppen werden bei den Leitbündeln der beiden äussersten Kreise früh angelegt, bei den inneren Bündeln erst später.

Das Xylem besteht der Hauptsache nach aus relativ grossen Tüpfelgefässen, zwischen welchen Holzparenchym liegt. Lezteres erstreckt sich meistens in das Mark noch etwas hinein. An älteren Bündeln tritt auf der Innenseite des Gefässtheils stets eine ein- bis mehrschichtige Strangscheide aus dünnwandigen, aber verholzten Parenchymzellen auf.

Einer Anomalie, welche nicht selten im Bau der Gefässbündel der inneren Kreise zu beobachten ist, will ich hier noch gedenken. Dieselbe besteht darin, dass der Weichbaststrang dieser Bündel ringsum von Gefässen umgeben ist, was sich auf leichte Weise dadurch erklären lässt, dass der ursprüngliche, hufeisenförmige Holzkörper mit seinen beiden Schenkeln um das Cambium herumgewachsen ist (Fig. 14 g). An geeigneten Präparaten kann man auch die Entwickelungsstadien dieses Processes verfolgen.

Gefässbündelverlauf: Bisher existirt noch keine Angabe über den Verlauf der Blattspurstränge der anomalen *Thalictrum*-Arten, und auch mir ist es bis jetzt nicht gelungen, dieselben so zu verfolgen, dass ich ein definitives Urtheil darüber abgeben könnte [1]). Dass die markständigen Bündel Blattspurstränge sind, ist ausser allem Zweifel, da sie im Blattstiel als solche zu verfolgen sind. Wie viel Internodien sie aber bis zu ihrer Anlegestelle durchlaufen, ob die Zahl der durchlaufenen Internodien innerhalb geringer Schwankungen für jede Stengelregion constant ist oder nicht, wie ferner der Ansatz der einzelnen Bündel erfolgt, – diese und andere hierher gehörige Fragen zu eruiren, behalte ich mir für fernere Untersuchungen vor.

Viel leichter ist der Gefässbündelverlauf im einzelnen Blatt zu verfolgen. In Bezug auf die Anatomie und Histologie unterscheidet sich der Blattstiel vom Stengel nicht. Auch in ihm ist die Rinde vom Mark durch einen starken, vollständig geschlossenen, echten Sklerenchymring getrennt, an dessen innerer Seite 2 bis 3 Kreise von Gefässbündeln liegen. Der Bau der Blattlamina ist normal. Auf die einschichtige, mit Spaltöffnungen versehene Epidermis folgt das Pallisadenparenchym, welches nach unten vom Merenchym begrenzt wird. Letzteres ist das Grundgewebe für die Leitbündel, welche sich in der Blattlamina reichlich netzadrig verzweigen.

Das Blatt ist 3–4fach fiedertheilig; die eintretenden Stränge erfahren in Folge dessen eine ausgedehnte Verzweigung. Nach ihrem Austritt aus dem Stengel ordnen sie sich in der Blattstielscheide in einen Kreis, wobei sich die schwächeren Bündel oft mit den stärkeren vereinigen, so dass im eigentlichen Blattstiel die Zahl der Bündel mit derjenigen der ausgetretenen nicht übereinstimmt. Die Anordnung hier ist jedoch die gleiche,

1) Nachdem vorstehende Arbeit bereits fertiggestellt war, erschien im Botanischen Centralblatt 1883 Bd. XV No. 9 eine Abhandlung von Weiss: Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dicotyledonen etc., in welcher der Verfasser auf obige Pflanzen indess auch nicht näher eingeht.

wie im Stengel. In jedem Knoten der Blattstielspindel und deren Seitenäste findet nun eine Verzweigung der Bündel statt, wobei die Regel vorherrscht, dass sich zuerst die Bündel der äusseren Kreise in 2 Schenkel spalten, die theils in der Hauptspindel fortgehen, theils in die ersten Seitenäste nächsthöherer Ordnung ausbiegen. Je höher nun die Ordnung der Seitenzweige wird und je grösser der Abstand vom Knoten wird, desto mehr verlieren sich die äusseren Bündel, und desto mehr betheiligen sich die inneren Bündel an der Zweitheilung, wobei sie sich allmälig in einen normalen Kreis ordnen.

Folgende von mir untersuchte *Thalictrum*-Species stimmen mit *Thalictrum minus* im Bau genau überein:

Thalictrum flavum L.; *Thalictrum exaltatum Gaud.*; *Thalictrum squarrosum*; *Thalictrum majus Jacq.*; *Thalictrum angustifolium L.*; *Thalictrum silvaticum Koch.*

Andere *Thalictrum*-Arten, bei welchen echt markständige Bündel nicht beobachtet sind, nehmen eine Mittelstellung zwischen normal gebauten und anomalen Dicotylen ein. Ein vollkommen normaler Ring von Gefässen ist auch bei ihnen noch nicht zu finden, es treten vielmehr zwei Kreise von Bündeln auf, die, ziemlich scharf von einander gesondert, in ihren einzelnen Gliedern alterniren. Hierher gehören z. B. *Thalictrum galioides Nestler; Thal. aquilegifolium L.; Thal. simplex L.; Thal. foetidum L.; Thal. elatum Jacquin.; Thal. glaucum Wendr.* etc.

Einer, wie ich glaube, krankhaften Erscheinung der Wurzeln von *Thalictrum* will ich hier noch gedenken. Man findet zuweilen erbsengrosse Knoten oder längliche Verdickungen in den Wurzeln, welche von einer Hypertrophie des ausserhalb des Cambiumringes liegenden Parenchymgewebes innerhalb der Epidermis herrühren. Die Zellen sind ungemein vergrössert und mit homogenem Protoplasma erfüllt; hin und wieder findet man auch einige Stärkekörnchen in ihnen. Dazu kommt, dass der Fibrovasalkörper immer noch im primären Zustande anzutreffen ist, während in jüngeren, normalen Stellen der Wurzel schon beträchtliche secundäre Veränderungen wahrgenommen werden. An einer solchen Stelle fand ich auch einmal den Fibrovasalkörper heptarch und pentarch, während er an den darüber und darunter liegenden normalen Stellen tetrarch war. Bei der Beobachtung all dieser Thatsachen kommt man leicht auf die Vermuthung, dass ein parasitischer Pilz die Ursache dieser Veränderungen sei; ich habe jedoch nirgends ein Mycelium entdecken können.

Ueberschauen wir noch einmal kurz die Charactere, welche den Typus *Thalictrum* bestimmen, so finden wir sie in folgenden Punkten:

1) in der Anomalie der Bündelvertheilung;

2) in der eigenthümlichen Form des Holzkörpers, welcher nach der Markseite sich zuspitzt, an der Bastseite sich jedoch in zwei Schenkel spaltet, die das Cambium seitlich einschliessen.

3) in der Form, der Entwickelung und Zusammensetzung des Festigungsringes, wobei besonderes Gewicht auf die Entwickelung gelegt werden muss.

III. Unterfamilie.

Ranunculeae.

Während von den meisten Autoren die *Anemoneen* von den *Ranunculeen* getrennt werden, vereinigt Eichler[1]) auf Grund einiger theoretischer Betrachtungen sie nach dem Vorgange von Baillon[2]) in eine Gruppe. Auch in anatomischer Beziehung ist eine Vereinigung angezeigt, denn die *Ranunculeen* unterscheiden sich in keinem wesentlichen Punkte von dem Typus *Anemone*. Namentlich schliessen sich die auf dem festen Lande wachsenden *Ranunculus*-Species an *Anemone pratensis* an, während die Wasser-Species der Untergattung *Batrachium*, bei denen der Einfluss der verschiedenen Lebensweise auf den Aufbau der inneren Organe in Betracht gezogen werden muss, sich etwas anders gestalten. Es ergeben sich demnach grössere Verschiedenheiten zwischen den Species einer Gattung, als zwischen den Gattungen zweier benachbarter *Tribus*.

Zwei anatomische Merkmale spielen bei der Characterisirung der *Ranunculus*-Species eine Hauptrolle: Der vorher schon so vielfach erwähnte Festigungsring und die hier im Verein mit ihm auftretende, sich um die Gefässtheile der Bündel herumziehende Strangscheide, die bei den Landspecies verdickt und verholzt, bei den Wasserspecies aber nur angedeutet ist.

Einen Festigungsring ähnlich dem von *Anemone pulsatilla* besitzt: *Ranunculus acris L.* (Fig. 16), *R. polyanthemos L.*, *R. gramineus L.*, *R. montanus Willd.* Bei *R. polyanthemos* reicht die Sklerose der interfasciculären Parenchymzellen bis an die innerste Holzgrenze. Diese *Ranunculus*-Species besitzen auch eine starke, sich um die Gefässe eines jeden Bündels bis an die Spitzen der Faserbastsicheln herumziehende, verholzte Strangscheide.

---

1) Eichler: Blütendiagramme.
2) Baillon: Histoire des plantes.

Bei *R. auricomus L.*, *R. muricatus L.*, *R. arvensis L.* sind die Zellen der in der Höhe der Bastsicheln liegenden interfasciculären Verbindungsglieder zwar nicht verdickt, aber intensiv verholzt und gegen die Rinde scharf abgesetzt. *R. auricomus* characterisirt sich ausserdem durch starke Bastsstränge und schwache Strangscheiden. Letztere sind vorhanden, aber wenig verholzt, oder auch ganz unverholzt bei *R. muricatus*; sie fehlen bei *R. arvensis.*

R. parviflorus L. und *R. nemorosus D. C.* zeigen eine Verholzung der nicht verdickten, interfasciculären Parenchymzellen in der Höhe der Weichbaststränge. Gegen die nach aussen liegenden Zellen der Markstrahlen sind die verholzten Zellen scharf abgesetzt; nach innen gehen sie allmälig in unverholztes Gewebe über. *R. nemorosus* unterscheidet sich aber von *R. parviflorus* durch die starke 2—3schichtige Strangscheide.

R. bulbosus hat nur um alte Bündel eine Strangscheide, die schwach verdickten Markstrahlzellen sind in der Höhe der Gefässe verholzt.

Am stärksten bei allen untersuchten *Ranunculus*-Species fand ich die Sklerenchymscheide um die Leitbündel von *Ranunculus Lingua L.* (Fig. 17). Das Markstrahlgewebe ist in der unteren Zone des Holzes 1—2 Reihen breit verholzt. Diese interfasciculären Brücken, sind nach aussen und innen gegen das angrenzende zarte Parenchymgewebe scharf abgesetzt.

Bei *R. Flammula L.*, welches im Uebrigen ganz mit *R. Lingua* übereinstimmt, fehlen die verholzten interfasciculären Brücken.

Ran. repens L. zeigt keine Verholzung des interfasciculären Gewebes. Desgleichen fehlt die Strangscheide. Die Bastkappen sind zwar vorhanden, aber sehr schwach, ihre Zellen sind wenig verdickt.

Vollkommen ermangelt *R. Ficaria L.* des Faserbastes; es besitzt aber um die Gefässe eine ziemlich kräftige Sklerenchymscheide. Die Form des Holzkörpers ist hufeisenartig; zwischen den Schenkeln desselben liegt der Weichbast.

Diese letzte Species bildet in ihrem Bau einen Uebergang zu den Species der Untergattung *Batrachium D. C.* Dieselben sind anatomisch dadurch characterisirt, dass ihnen sämmtliche »mechanischen« Zellen fehlen; höchstens zeigen die Markzellen an der Innenseite der Gefässbündel eine mässige Verdickung. Bei allen findet sich unter den Gefässen ein Luftgang (Fig. 18). Der specielle Bau des einzelnen Bündels ist genau in de Bary's[1]): Vergleichende Anatomie etc. besprochen, wesshalb ich hier darauf verweisen will.

Eine Eigenthümlichkeit dieser Wasser-Ranunkeln (*R. fluitans, Lamarck R. aquatilis L., R. divaricatus, Schranck R. hederaceus L.)*, die eine fast gleiche

1) de Bary: Vergl. Anatomie, p. 344, 367, 370, 381, 431.

innere Struktur haben, verdient aber besonders hervorgehoben zu werden, da sie in engem Connex mit der Lebensweise steht und durch letztere bedingt wird. Borodin[1]) machte zuerst die Beobachtung, die nachher von Askenasy[2]), Hildebrand[3]) u. a. bestätigt und erweitert wurde, dass, je nachdem der Standort von *Ranunculus aquatilis, R. divaricatus, R. heterophyllus* wechselt, ein Fehlen oder Vorhandensein von Spaltöffnungen auf den Blättern eintritt. Bei normalem, untergetauchtem Vorkommen sind die Petioli und Lacinien der zertheilten Blätter von genannten *Ranunculus*-Species vollkommen spaltöffnungsfrei, wie das ja bei sämmtlichen submersen Wasserpflanzen Regel ist; kommt es jedoch vor, dass die Blätter nicht mehr unter Wasser stehen, ein Fall, der häufig bei Individuen am Rande von Sümpfen und Tümpeln eintritt, so bilden sich auf der gleichnamigen Fläche der Blälter an der Luft zahlreiche Spaltöffnungen. Es ist dies ein auffallendes Beispiel der Aenderung des Baues bei ein und demselben Individuum in Folge directer Einwirkung des Vegetationsmediums und der dadurch veränderten Lebensweise, und zeigen diese Aenderung ausser die genannten *Ranunculus* Arten noch sehr viele amphibische Wasserpflanzen, obgleich sie den verschiedenartigsten Familien und Genera angehören, wie z. B. *Marsilea, Sagittaria, Polygonum, Callitriche, Myriophyllum* etc. etc.

Myosurus minimus L, welches systematisch der Gattung *Ranunculus* sehr nahe steht, zeigt im anatomischen Bau auffallende Verschiedenheiten (Fig. 19). Hauptsächlich werden letztere durch den Festigungsring bedingt, welcher nicht wie bei *Anemone* und *Ranunculus* durch Einschiebung dickwandigen Markstrahlgewebes zwischen die Bastbündel gebildet wird, sondern als ein zusammenhängender, aus polyedrischen, stark verdickten, verholzten Zellen bestehender Ring erscheint, dessen den Gefässbündeln entsprechende Theile unzweifelhaft Bast sind. Die zwischenliegenden Partien erscheinen anfänglich als seitliche Ausbreitungen des Bastes, da die Zellen mit den eigentlichen Bastzellen einen gleich grossen Querschnitt und eine gleich starke Verdickung zeigen; sie sind indessen interfasciculäre Sklerenchymzellen. Da die an das Cambium grenzenden Holzelemente stets Libriformzellen sind, welche mit den Enden der Bastsicheln seitlich zusammenstossen, so erscheinen die Cambiumstränge vollkommen in Bastfaserzellen eingebettet. Der Festigungsring ist ganz scharf gegen die Rinde abgegrenzt und erstreckt sich bei gleich bleibender Zellverdickung bis in die Zone des Libriforms, wodurch die Einbettung des Weichbastes in ver-

1) Borodin: bot. Zeit. 1869, Nr. 52.
2) Askenasy: bot. Zeit. 1870, p. 193.
3) Hildebrand: bot. Zeit. 1870, 1. Taf. I.

holzte Zellen noch erhöht wird. Eine geschlossene Sklerenchymscheide um die Gefässtheile fehlt.

Genau dieselbe Structur in Hinsicht des Ringes und der Einbettung der Cambiumstränge besitzt *Ceratocephalus falcatus Moench.*; ein Unterschied findet sich höchstens darin, dass die Zellen des Festigungsrings hier grösser sind, als bei *Myosurus*.

IV. Unterfamilie.

Helleboreae.

Die weitaus grösste Mehrzahl der Species dieser Tribus folgt in ihrem Aufbau *Anemone pratensis*, indem sie neben grosser Aehnlichkeit mit dem Typus doch manche interessante Unterschiede, besonders im Bau des Festigungsrings zeigen. Derselbe besteht auch hier in allen Fällen, wo er auftritt aus zweierlei Elementen: echten Faserbaststrängen und dazwischen liegenden interfasciculären Sklerenchymbrücken. Bei manchen Species gleicht der Festigungsring, wie schon angedeutet, dem von *Thalictrum*, insofern sich nämlich in älteren Internodien, die innerste Rindenschicht in einen vollständigen echten Sklerenchymring umwandelt, dem sich nach innen ein zweiter Ring aus Faserbast und interfasciculärem Sklerenchym dicht anlegt. Dass in diesen Fällen die Entwickelung des Doppelringes den entscheidenden Factor bildet, ist vorher schon erörtert.

Caltha palustris L. Der Faserbast ist nur gering ausgebildet, oder fehlt ganz. Die interfasciculären Sklerenchymverbindungen sind nicht einmal durch Verholzung der unverdickten Membranen angedeutet, fehlen mithin gänzlich. Charakteristisch ist für *Caltha palustris* die Endodermisähnliche, sich um das ganze Bündel herumziehende, einschichtige, sklerotische Strangscheide.

Trollius europaeus L. Faserbast und Markstrahlverbindungen sind vorhanden. Letztere, in gleicher Höhe mit den Baststrängen ansetzend, grenzen zwar gegen die Rinde scharf ab, gehen aber nach innen allmälig in unverholztes Markstrahlgewebe über. Eine, die Gefässtheile umschliessende, vollständige, verholzte Strangscheide fehlt; Andeutungen davon sind indessen durch Verholzung einiger Markzellen an der innersten Spitze des Xylems gegeben. Characteristisch sind die Cambiumtheile älterer Stengelglieder; die einzelnen Zellen und Siebröhren sind nicht differenzirt, ihre kleinen, meist strichförmigen, geschlängelten Lumina erscheinen in einer homogenen Gallerte eingebettet, so dass sie ganz das Bild von weichem Keratenchym zeigen.

Trollius medius Wendr., welches wahrscheinlich nur als Varietät von voriger zu betrachten ist, verhält sich anatomisch ebenso.

Eranthis hiemalis Salisb. Faserbast ist sehr schwach, oft ganz fehlend. Interfasciculäre Sklerenchymbrücken sind nicht einmal angedeutet; Strangscheiden sind vorhanden, unverholzt, aber schwach collenchymatisch verdickt.

Von den *Helleborus* Spezies folgen nur die mit Rhizom perennirenden dem Typus *Anemone pratensis*; die mit der Hauptwurzel überwinternde Art *Helleborus foetidus* bildet einen eigenen Typus.

Helleborus viridis L. Faserbast stets vorhanden, aber meistens nur schwach entwickelt. Die Cambiumgruppen sind seitlich durch sklerotische Zellen der Strangscheide vom angrenzenden Markstrahlgewebe abgeschlossen. Die Strangscheide wird an der Innenseite der Bündel mehrschichtig, bis zu 6 Lagen stark. Der auffallendste anatomische Character ruht in der characteristischen Lage der interfasciculären Sklerenchymbrücken (Fig. 20). Dieselben sind nach beiden Seiten gegen das zarte Parenchym scharf abgesetzt und bestehen aus wenig verdickten, aber intensiv verholzten Zellen; sie liegen genau in der Höhe der Cambiumstränge und haben mit letzteren fast gleiche Breite.

Helleborus atrorubens. Die Getässbündel haben starke, auf dem Querschnitt halbkreisförmige Bastkappen, das interfasciculäre Sklerenchym dagegen fehlt. Die starke, mehrschichtige, sklerenchymatische Strangscheide zieht sich nicht vollkommen um die Seiten des Xylems. Die Weichbaststränge sind nicht rundlich, wie bei fast allen *Ranunculaceen*, sondern plattenförmig rechteckig, an den Seiten offen.

Hiermit ganz gleich im Bau ist *Helleborus abasicus Pass.*, nur dass die Halbcylinder des Faserbastes und die Sklerenchymsicheln um die innere Seite der Gefässgruppen noch stärker ausgebildet sind. Zwischen der sklerenchymatischen Strangscheide und den Gefässen liegen grössere Anhäufungen von zartem Holzparenchym.

Helleborus niger L. Der Faserbast, die interfasciculären Sklerenchymbrücken und die Sklerenchymscheide um die inneren Theile der Gefässbündel fehlen selbst in den ältesten Theilen des Stengels. Hin und wieder finden sich zwischen zwei grösseren, ausgebildeten Gefässbündeln Siebröhrengruppen ohne Holz. Sehr schön ist bei *Helleborus niger* die Stärkescheide um die äusseren Theile der Bündel zu beobachten.

Ganz verschieden von den bisherigen Helleboreen verhält sich in der inneren Structur *Isopyrum fumarioides* (Fig. 21). Die 2—3 schichtige sehr clorophyllhaltige Rinde wird nach innen von einem starken, echten Sklerenchymring abgeschlossen. Diesem Ring lehnt sich eng ein zweiter, Festigungsring an, welcher dem von *Myosurus* in Aussehen und Zusammenhang sehr ähnlich ist. Auch hier liegen die rundlichen Cambiumstränge vollkommen in Prosenchym eingebettet, aussen von Faser-

bast, innen von Libriform des Holzes umschlossen. Das interfasciculäre Sklerenchym ist scharf gegen das Mark abgegrenzt.

Als hauptsächlichen anatomischen Character finden wir bei der Gattung *Nigella* den Festigungsring, so, wie wir ihn bei *Anemone pratensis* sehen d. h. aus den zwei Elementen zusammengesetzt und ganz dem Fibrovasalgrundgewebe angehörend. Dazu kommen Collenchymstränge unter den Riefen. Im Speciellen ist für *Nigella damascena L.* der eigenthümliche Bau der Bastsstränge hervorzuheben. Dieselben sind im Verhältniss zum Cambium und Holz ungemein gross und durch eine mittlere Lage grosser, schwach verdickter Prosenchymfasern in zwei Theile geschieden (Fig. 22). Bei *Nigella sativa L.* ist diese mittlere Lage der grossen, runden Prosenchymzellen, welche gegen die kleineu, polygonalen Querschnitt zeigenden Zellen des äusseren und inneren Strangtheils scharf constrastirt, mehrschichtig; sie fehlt dagegen bei *Nigella arvensis L.* Verholzte Strangscheiden um die Gefässe fehlen bei diesen und den folgenden Species.

Aquilegia vulgaris L. Der Festigungsring gleicht beim ersten Anblick dem von *Anemone pratensis*, bei genauerer Beobachtung dagegen bemerkt man um diesen Festigungsring noch einen, allerdings nur 1 bis 2 Lagen starken Sklerenchymring, welcher zur Rinde gehört. Letztere ist sehr chlorophyllhaltig, aber nur 2 bis 3 Reihen mächtig.

Aquilegia pyrenaica verhält sich ebenso, nur dass das äussere Rindensklerenchym stärker ausgebildet ist.

Für die Gattung *Delphinium Tourn.* ist als anatomischer Gattungscharacter das Fehlen des äusseren, echten Rinden-Sklerenchymringes hervorzuheben: die sehr starken Bastkappen der grösseren Bündel stossen direct an chlorophyllhaltiges Rindenparenchym (Fig. 23). *Delphinium Consolida L.* zeichnet sich vor allen übrigen *Ranunculaceen* durch den einschichtigen Hypoderma-Ring unter der Epidermis aus. Das Rindenparenchym ist höchstens 4 Lagen stark. Die interfasciculären Sklerenchymbrücken sind sehr stark sklerotisch verdickt, setzen mit dem Faserbast in gleicher Höhe an und ziehen sich bis in die Zone des Holzes, wo sie allmälig in das Mark übergehen.

Delphinium Ajacis L. Das Rindenparenchym ist dreireihig. Der Festigungsring wird von grösseren und kleineren Baststrängen mit alternirendem interfasciculären Sklerenchym gebildet. Die Gefässbündel liegen in zwei Kreisen, insofern, als diejenigen, welche zu den grösseren Faserbaststrängen gehören, grösser sind und tiefer in das Mark vordringen, als die dazwischenliegenden kleineren Mestomstränge. Das Cambium ist seitlich von verholzten Zellen eingeschlossen.

Delphinium elatum L. zeigt in der Epidermis und dem Rindenparenchym keinen Unterschied von der vorigen Species. Die Baststränge sind breiter,

als hoch; die grösseren stossen direct an chlorophyllhaltige Rinde, während sich über die kleineren 1 bis 2 Reihen von Sklerenchym lagert. Das interfasciculäre Sklerenchym ist fast so stark verdickt wie der Faserbast und genau so breit wie der letztere. Es ist deutlich gegen das äussere Rinden- und innere Markstrahlparenchym abgesetzt. Die Cambiumstränge sind seitlich offen.

Delphinium Staphysagria L. unterscheidet sich von den übrigen *Delphinium*-Species durch die breitere Lage von Rindenparenchym, welche weniger durch eine Vermehrung der Zellreihen, als durch eine grössere Ausdehnung der einzelnen Zellen hervorgerufen wird. Die Baststränge sind im Gegensatz zu denen von *Delph. elatum* mehr hoch als breit. Das interfasciculäre Sklerenchym besteht aus sehr wenig verdickten Zellen und erstreckt sich nach innen bis fast an die innere Spitze der Gefässbündel. Die Cambiumstränge sind in Folge dessen seitlich geschlossen.

Sahen wir das Gattungsmerkmal von *Delphinium* in dem einfachen, nur dem Mestom angehörigen Festigungsring, so finden wir dasselbe bei *Aconitum* in dem doppelten, zusammengesetzten, theils der Rinde, theils dem Mestom angehörigen Sklerenchymring (Fig. 24). In alten Internodien ist die Sklerose der Rinde soweit fortgeschritten, dass oft nur eine oder zwei Reihen Parenchym innerhalb der Epidermis unverholzt ist. Als zweiter anatomischer Gattungscharacter im Gegensatz zu *Delphinium* ist die grössere Mächtigkeit des Rindenparenchyms hervorzuheben, die nicht nur durch vermehrte Anzahl der Zellreihen, sondern auch durch ein grösseres Volumen der einzelnen Zellen hervorgerufen wird.

Aconitum Napellus L. Die interfasciculären Sklerenchymbrücken zwischen den Baststrängen erstrecken sich innwärts bis an die obere Zone des Weichbastes, letzterer ist an den Seiten offen.

Ebenso beschaffen sind die Cambiumstränge bei *Aconitum Lycoctonum L.*, wo das interfasciculäre Sklerenchym innwärts sich nur bis in die mittlere Zone des Faserbastes erstreckt.

Ungemein stark ist der Rinden-Sklerenchymring bei *Aconitum Stoerkianum, Rchb. Aconitum variegatum L.* und *Aconit. paniculatum L.* Bei ihnen sind die Cambiumstränge seitlich geschlossen, und das interfasciculäre Sklerenchym erstreckt sich bis in die Zone des Holzes.

Eine zweifelhafte Stellung im natürlichen System nehmen die beiden Gattungen *Actaea L.* und *Cimicifuga L.* ein. Während de Candolle[1]) und nach ihm verschiedene Autoren der Lehrbücher sie in die Gruppe der *Paeonieen* stellen, werden sie von Baillon[2]), Bentham und Hooker[3])

1) de Candolle: Prodromus I, p. 64.
2) Baillon: Histoire des Plantes I, p. 88.
3) Bentham und Hooker: Genera plantarum Vol. I, p. 9.

in die *Helleboreen* eingereiht. Berücksichtigt man den anatomischen Bau des Stengels bei der Verwandtschaftsbestimmung beider Gattungen, so wird der Zweifel über die Tribus, welcher dieselben einzuordnen sind, zwar nicht vollständig gehoben, aber doch wesentlich gelichtet. Durch die Vergleichung der inneren Structur von *Cimicifuga* und *Actaea* einerseits und den echten *Paeonien*, wesentlich repräsentirt durch die Species der Gattung *Paeonia*, andererseits gelangen wir zu Ergebnissen, welche uns mehr dazu berechtigen, die beiden fraglichen Gattungen von den *Paeonien* zu trennen, als damit zu vereinigen. Hierbei muss jedoch bemerkt werden, dass man den Werth anatomischer Charactere für die Systematik auf keinen Fall überschätzen darf, denn andererseits giebt es Gattungen und Species, über deren Zugehörigkeit zu einer natürlichen Gruppe absolut kein Zweifel herrscht, die aber anatomisch von den nächsten Verwandten auffällig verschieden sind. Ein derartiges Beispiel bietet unsere Familie in *Helleborus foetidus L.* Niemand wird den Gedanken hegen, diese Species von den übrigen *Helleborus*-Arten als eigene Gattung abzutrennen, und dennoch ist in anatomischer Hinsicht ein sehr bedeutender Unterschied vorhanden. *Helleborus foetidus* schliesst sich vielmehr eng an den sogleich zu besprechenden Typus *Paeonia* an. Nur bei umsichtiger Benutzung aller Merkmale, morphologischer wie anatomischer, wird man zu einer wirklich natürlichen Gruppirung gelangen können; unnatürlich und künstlich wird ein System, sobald man einem Eintheilungsprincip eine besondere Wichtigkeit einräumt.

Actaea spicata L. und *Cimicifuga foetida L.* folgen in ihrem anatomischen Aufbau dem Typus *Thalictrum*. Es findet sich nicht ein normaler Ring von Gefässbündeln, sondern mehrere, oft undeutlich von einander geschiedene Kreise; dazu kommen noch selbständige, in keinen Kreis einzuordnende Bündel. Auch die Form der Gefässbündel, besonders des Holzkörpers, dessen Querschnitt einer V ähnlich sieht, erinnert an *Thalictrum*. Ein characteristischer Unterschied von *Thalictrum* liegt jedoch in dem Fehlen des äusseren, der primären Rinde angehörigen, echten Sklerenchymringes. Der Festigungsring besteht bei beiden Gattungen nur aus den Faserbaststrängen mit dem dazwischenliegenden interfasciculären Sklerenchym und setzt sich gegen das zarte Rindenparenchym ziemlich scharf ab. Im Speciellen unterscheidet sich *Actaea spicata* von *Cimicifuga foetida* dadurch, dass bei ersterer einzelne markständige Bündel regelmässig auftreten, bei letzterer selten; hier sind die Bündel gewöhnlich in 2 bis 3 alternirende Kreise geordnet. Ferner haben die Holztheile der Bündel von *Actaea* an ihrer Innenseite eine zwei- und mehrschichtige, sklerenchymatisch verholzte Strangscheide, welche den Bündeln von *Cimicifuga* fehlt. Endlich unterscheiden sich beide noch im interfasciculären

Sklerenchym; dasselbe ist bei *Actaea* viel weniger stark ausgebildet, als bei *Cimicifuga*.

Einem ganz neuen Plan im inneren Aufbau folgen die Species der Gattung *Paeonia;* ich will deshalb als

IV. Typus

Paeonia officinalis L.

näher erörtern.

Unter der einschichtigen, stark cuticularisirten Epidermis befindet sich eine ca. 6 Lagen starke, concentrische echte Collenchymschicht, welche theils allmälig, theils plötzlich in eine aus stark verzerrten, collenchymatischen Zellen bestehende Rindenlage übergeht. Diese eigenthümliche Zellschicht characterisirt die Gattung *Paeonia* vor allen übrigen *Ranunculaceen*, ja, man kann wohl sagen, vor allen übrigen *Dicotylen*. Die unverholzten Zellen dieser Schicht sind zweierlei Art, einerseits grosse mit stark wellig verbogenen Membranen, andererseits dazwischen liegende kleine, gleichsam als Intercellularräume erscheinende, mit geschlängelten, strich- oder punktförmigen Zellhöhlen. Ohne scharfe Sonderung erkennen zu lassen, erscheinen die einzelnen Zellen in einer homogenen Wachsmasse eingebettet. Auf dem Längsschnitt zeigen sie eine lang gestreckte, prosenchymatische Form; ihre Wände sind der Länge nach gefaltet, so dass die Höhle an manchen Stellen verschwindend klein wird. In der *Paeonia officinalis* haben wir somit ein neues Beispiel für das Auftreten von Keratenchym, welches aber hier offenbar der Rinde angehört und nicht aus Siebröhrengewebe hervorgegangen ist (Fig. 27).

Der Keratenchymschicht schliesst sich eine mässig starke, zartwandige, ganz normale, primäre Rindenparenchymschicht an, welche mit ihrer Innenseite entweder direct an das Cambium, oder erst an Faserbast stösst. Letzterer liegt in einzelnen Gruppen, wie bei der Mehrzahl normaler dicotyler Holzgewächse, um den allseitig geschlossenen Cambiumring, der sich seinerseits um einen compacten Holzcylinder lagert. Dieser ist nicht ganz gleichmässig gebaut; während er an einzelnen Stellen die Gefässbündel ziemlich weit in das Mark vorsendet, geht an anderen Orten die Innenkante genau parallel der Aussengrenze. Eine grosse Anzahl secundärer, eine kleine Anzahl von Hauptmarkstrahlen, welche mit seltenen Ausnahmen nur eine Zellschicht breit sind, durchsetzen den Holzkörper.

Das Mark ist auch bei *Paeonia officinalis* ganz homogen aus zarten, prismatischen Parenchymzellen zusammengesetzt, die aber nie Amylum

führen. Characterisirt werden sie vor der Mehrzahl anderer Markzellen durch die eigenthümliche Vertheilung der Poren, welche auf den Längswänden nur spärlich auftreten, auf den Querwänden dagegen sich so stark häufen, dass letztere ganz das Aussehen von Siebplatten erhalten.

Auch in den Elementen des Holzkörpers befinden sich manche Eigenthümlichkeiten. Derselbe besteht aus Gefässen, Tracheïden, Holzfasern und Holzparenchym. Die Gefässe sind dadurch ausgezeichnet, dass ihre einzelnen Glieder sich nicht vertical über einander lagern, sondern nur seitlich anlegen, und die Perforation überall leiterförmig ist. Die primären Spiral-, Ring- und Netzgefässe sind normal; auffallend dagegen werden die secundären Gefässe dadurch, dass sie keine gehoften Tüpfel, sondern nur einfache Poren haben. Letztere haben bei den verschiedenen Gefässen verschiedene Form und Lage. Bei einem Theil der secundären Gefässe sind sie elliptisch, querliegend oder schwach schräg gestellt und in grösserer Zahl vorhanden; andere Gefässe dagegen erscheinen auf den ersten Blick als Holzfasern. Sie sind spindelförmig, lang gestreckt, haben eine oder zwei Reihen sehr schräg, fast vertical gestellter, enger, spaltenförmiger einfacher Tüpfel, am Ende jedoch eine seitliche leiterförmige Wandperforation, durch welche sie mit anderen, ähnlich gebauten Gliedern communiciren (Fig. 26). Auch die Tracheïden sind bei flüchtigem Blick nicht als solche zu erkennen, bieten vielmehr ganz den Anblick von Holzparenchym dar. Erst bei genauerer Betrachtung sieht man, dass die scheinbar runden, einfachen Poren doppelte Conturen haben; eine spiralige Verdickung der Membranen, wie sie Tracheïden sehr oft zeigen, fehlt.

Diesem Typus folgen besonders die Species der Gattung *Paeonia*, indem alle in den Hauptpunkten, welche zugleich die hauptsächlichsten anatomischen Charactere ausmachen, übereinstimmen. Hervorheben möchte ich in dieser Hinsicht noch einmal, dass alle *Paeonia*-Arten durch einen subepidermoidalen, concentrischen Collenchymring und eine darauf folgende Keratenchymschicht characterisirt sind, dass ferner alle einen allseitig geschlossenen Cambiumring und einen festen Holzcylinder besitzen; dass endlich das interfasciculäre Sklerenchym innerhalb des Cambiumringes liegt. Der Festigungsring ist bei diesem Typus mithin verlegt, einerseits in die äusserste, primäre Rinde, andererseits in die Zone des Holzes. Bei manchen *Paeonia*-Arten, z. B. *Paeonia corallina*, kommt dann noch ein dritter Fessigungsring um das Cambium in Form eines ununterbrochenen, concentrischen, echten Faserbastringes hinzu.

Paeonia corallina Retz. Die Rindenparenchymschicht innerhalb des Keratenchyms fehlt gänzlich, oder ist auf eine Zellreihe beschränkt. Ein vollständig geschlossener, concentrischer Bastring lagert sich um das Cambium;

die Hauptmarkstrahlen sind mindestens 3 Lagen breit. Im Holzkörper überwiegen die grösseren Spiral- und Netzgefässe.

Paeonia peregrina Mill. Der Faserbast fehlt gänzlich, oder ist nur durch einzelne, zerstreute Zellen angedeutet. Die Keratenchymschicht stösst direct an den Cambiumring. Eine dem Hornprosenchym ähnliche Gewebslage an der Grenze von Holzcylinder und Mark, welche bei den vorigen Arten hin und wieder angedeutet war, wird hier ausgeprägter.

Paeonia humilis Retz. Das Rindenparenchym zwischen Keratenchym und Bast resp. Cambium ist stets vorhanden und ist meist noch stärker ausgebildet, als bei *Paeonia officinalis.* Der Bast findet sich entweder als einzelne, zerstreute Zellen oder in kleineren Gruppen. Die sklerenchymatische Markscheide fehlt. Das Mark ist kleinzelliger, als vorher.

Paeonia Moutan Sims. Sie ist wohl die einzige Art, welche bei uns mit oberirdischen Organen perennirt, und zeigt in Folge dessen schon sehr characteristische Unterschiede zu den vorigen. Abgesehen von der grösseren Mächtigkeit des Holzcylinders, die durch die Bildung von Jahresringen bedingt wird, ist vor allen Dingen die Peridermbildung hervorzuheben. Sie ist höchst eigenthümlich dadurch, dass sie zwei getrennte Anlagen hat, einerseits in dem unter der Epidermis befindlichen Collenchymring, und andererseits in der innerhalb des Keratenchymringes liegenden Schicht primären Rindenparenchyms. Die Form der Borke ist die Ringelborke, in welcher — und das will ich besonders hervorheben — der unveränderte Keratenchymring als Festigungsring liegt. Hier haben wir also auch die Ringelborke als einen wichtigen anatomischen Charakter und darin ein vorzügliches Analogon zu den *Clematideen.* Der Faserbast fehlt *Paeonia Moutan* vollständig.

Noch eine deutsche *Ranunculaceen*-Art, *Helleborus foetidus L.,* bleibt zu besprechen übrig; sie schliesst sich am besten an die Gattung *Paeonia* an und unterscheidet sich dadurch wesentlich von den verwandten Arten. Hauptsächlich liegt die Ähnlichkeit im Festigungsring, welchen auch hier der Holzcylinder bildet, der trotz seiner Einjährigkeit stark entwickelt ist. Makroskopisch erkennt man an demselben dunklere und damit alternirende, gleichbreite hellere Strahlen; erstere springen in das Mark etwas vor. Sie sind die eigentlichen Holzstränge, letztere die verholzten Markstrahlen. Mikroskopisch unterscheidet man unter der einschichtigen Epidermis einen 3—4 Lagen starken Collenchymring, dem sich ein ziemlich mächtiges Rindenparenchym anschliesst. Letzteres grenzt theils direct an den Cambiumring, theils an die zu den einzelnen Holzstrahlen gehörigen Weichbastkeile. Der Faserbast fehlt gänzlich. Die Hauptstütze des Stengels bildet, wie schon erwähnt, der compacte, starke Holzcylinder, indem die Markstrahlen, deren Zellen übrigens mit den Holzzellen gleichen Querschnitt

zeigen, in ihrer ganzen Länge so vollkommen sklerotisch verholzen, dass sie nur schwer von den benachbarten Holzzellen zu unterscheiden sind. Auf den ersten Blick erscheint das verholzte Markstrahlgewebe wie Libriform, bei genauerer Betrachtung erkennt man aber deutliche Intercellulargänge, wodurch es als Sklerenchym charakterisirt wird. Bei *Helleborus foetidus* hat mithin das interfasciculäre Sklerenchym seine höchste Ausbildung und der Festigungsring seine grösste Stärke erreicht.

In Betreff der einzelnen Elemente des Holzkörpers ist zu bemerken, dass die Anordnung der Gefässe eine eigenthümliche ist; sie finden sich ganz überwiegend nur in der Markkrone und den dicht daran stossenden Partien, sehr selten und zerstreut im secundären Holz. In letzterem bilden Tracheïden den Hauptbestandtheil. Dadurch nähert sich der Bau des Holzes von *Helleborus foetidus L.* dem der *Coniferen* und *Cycadeen*, diesem eigenthümlichen und characteristischen Bautypus, den im ganzen Pflanzenreich, so weit bis jetzt bekannt, sonst nur noch die *Winteraceen* zeigen. Die Tracheïden von *Helleborus foetidus* zeichnen sich durch sehr kleine Tüpfel und eine feine Spiralzeichnung aus; ausserdem besitzen sie sehr oft an einem Ende eine seitliche, runde Perforation, wodurch sie eigentlich ihre Qualität als solche verlieren und einen Übergang zu den echten Gefässen bilden. Ausser diesen beiden Elementen sind noch Libriform und Holzparenchym vertreten. Allgemein ist noch zu bemerken, dass die einzelnen Elemente relativ klein und kurz sind, besonders im Vergleich zu denen von *Paeonia.*

Ueberschauen wir jetzt noch einmal kurz die im Laufe der Arbeit näher erörterten Typen und vergleichen die sie bestimmenden Charactere im Zusammenhang. *Clematis Vitalba* ist eine mit dem Stengel perennirende Schlingpflanze; in Folge dessen finden sich manche Eigenthümlichkeiten im Stengel, welche diese Pflanze zwar vor den krautartigsten Verwandten, nicht aber vor andern Holzgewächsen ähnlichen Wuchses voraus hat, Eigenschaften der Structur also, welche mit der Lebensweise im Zusammenhang stehen. Hierher gehört das Vorkommen eines geschlossenen Cambiumringes, das Auftreten von Periderm und die Abscheidung von Borke. Diese Charactere können wir nicht mit denen von krautigen Pflanzen z. B. *Anemone* und *Thalictrum* in gleiche Linie stellen, denn, wie Westermaier[1]) richtig hervorhebt, darf man bei einer vergleichenden Betrachtung

1) Westermaier: Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1881, p. 1050 u. f.

des rein anatomischen Verhaltens gleichwerthiger morphologischer Organe, ohne Rücksichtnahme auf die Physiologie und Biologie, nicht über das einfache Registriren des Gesehenen hinausgehen, und darf sich vor allen Dingen nicht auf weitergehende Schlüsse einlassen, wenn man nicht bei der einseitigen, anatomischen Betrachtung Gefahr laufen will, grosse Irrthümer zu begehen.

So darf man sich auch bei der Vergleichung zweier sonst nah verwandter Gattungen, von denen die eine Holzpflanzen, deren Bau mit der Lebensweise eng zusammenhängt, die andere Krautpflanzen umfasst, bei der auf den ersten Blick erscheinenden grossen Verschiedenheit nicht abschrecken lassen, gleichwohl nach Beziehungen der Aehnlichkeit zu suchen, denn man wird in den meisten Fällen finden, dass nach Elimination dessen, was auf Rechnung der Lebensweise kommt, noch Beziehungen übrig bleiben, welche man vielleicht unter dem Eindruck der ersten Verschiedenheiten übersehen und dadurch schliesslich unrichtige Resultate erhalten haben würde. Demgemäss haben auch nicht etwa diejenigen Recht, welche der Lösung des Problems, das uns hier beschäftigt — nach einem Parallelismus zwischen anatomischen und morphologischen Eigenschaften zu suchen — abgeneigt sind, sich auf solche Fälle zu berufen, wo eine auf den ersten Blick erscheinende Heterogenität anderweitig begründet ist. Andererseits äussert sich aber die Uebereinstimmung gewisser Pflanzen mit andern gleicher Lebensweise nicht in einer vollständigen Gleichartigkeit, denn meistens finden sich gerade in den gemeinsamen Merkmalen characteristische Unterschiede in der Form, Bildungsweise etc. So werden auch die *Clematideen* durch die Form, durch die Zusammensetzung und die Art der Entwickelung ihrer Borke, ihres Cambiumringes und ihres Holzcylinders vor den übrigen Schlinggewächsen gleicher Lebensweise characterisirt.

Von den anatomischen Characteren der *Clematideen*, welche wir berechtigterweise mit denen der übrigen krautartigen *Ranunculaceen* vergleichen können, bleibt uns vor allen Dingen einer übrig, der Festigungsring, und er bietet zugleich den grossen Vortheil dar, dass wir nicht blos seine Anatomie, sondern zugleich auch seine physiologische Bedeutung kennen. Ihn finden wirbei der grossen Mehrzahl der Gattungen und Arten in irgend einem Grade wenigstens angedeutet und überall — *Paeonia* ausgenommen — in gleicher Weise zusammengesetzt, nämlich aus Faserbast und interfasciculärem Skerenchym, und in ähnlicher Lagerung, nämlich im Anschluss an die nach innen angelegten Mestombündel. Wir haben mithin in diesem Festigungsring einen der hauptsächlichsten anatomischen Charactere der *Ranunculaceen*. Auch in anderen Familien spielt dieser Ring ein ähnliche

systematische Rolle, indem auch dort in Bezug auf die Entwickelung, Zusammensetzung und Lage desselben durchgreifende Aehnlichkeiten neben individuellen Verschiedenheiten sich finden; so zeichnen sich beispielsweise die *Primulaceen*[1]) durch einen in seiner Lage sehr an die *Ranunculaceen* erinnernden Festigungsring aus.

Andererseits lassen sich nun aber noch Charactere nachweisen, welche die *Ranunculaceen* vor den verwandten Familien auszeichnen. Diese Aufgabe hat Vesque[2]) zu lösen versucht; er findet solche Charactere:

1) in der Form der Haare, welche einfache, einzellige Schläuche, mit theils feiner, theils weiterer Zellhöhle darstellen;

2) in den Spaltöffnungen, welche von mehreren, unregelmässig vertheilten Epidermiszellen umgeben sind, ohne die Art und Weise der Bildung aus der Mutterzelle erkennen zu lassen;

3) in dem Fehlen der Krystalle, der Milchgefässe und anderer Secretbehälter.

Wenn Vesque ausserdem die eigenthümliche Hufeisenform des Holzkörpers und seine Verbindung mit den Bastsicheln als besonders characteristisch für die Familie angiebt, so sahen wir, dass dieses Merkmal allerdings einer grossen Zahl von Arten zukommt *(Anemone, Thalictrum, Ranunculus, Myosurus* etc.*)* keineswegs aber so durchgreifend ist, um ihm diese besondere Wichtigkeit einzuräumen.

Dem Festigungsring dagegen spricht er unbegreiflicherweise das Recht ab, als anatomischer Character zu dienen, und zwar einzig und allein aus dem Grunde, weil er nur wenigen Arten zu käme. So behauptet er das Fehlen des Ringes in dem Blattstiel der nicht schlingenden *Clematideen*, der *Anemone-Thalictrum-Aquilegia*-Arten etc. Offenbar befindet sich Vesque hier im Irrthum, denn bei all den Arten, denen nach seiner Angabe der Ring fehlen soll, habe ich ihn sicher constatirt, ausgenommen *Anemone elegans,* die mir nicht zu Gebote stand. Einige z. B. die *Thalictrum*-Species sind sogar vorzügliche Beispiele für das Vorkommen des Ringes, indem er bei ihnen schon in ganz jungen Stadien vollkommen ausgebildet auftritt; bei anderen freilich beschränkt sich, wie dies im Laufe der Arbeit ausführlich erörtert worden ist, der vollständige Zusammenschluss der Bastkappen lediglich auf eine Verholzung der Zwischenglieder, die dann vor den angrenzenden Geweben nach Färbung des Schnittes scharf abgesetzt sind, ein Umstand, der von Vesque wahrscheinlich nicht beachtet worden ist.

Vergleichen wir nun aber die Charactere der Gattungen in Bezug auf

1) cf. Westermaier.

2) Vesque: Nouvelles Archives du Muséum d'histoire naturelle, II. série, T. 4, p. 22.

ihre Einordnung in die einzelnen Tribus. Bentham und Hooker[1]), de Candolle[2]) u. a. unterscheiden die fünf Tribus: *Clematideen, Anemoneen, Ranunculeen, Helleboreen, Paeonieen.*

Die *Clematideen* und die *Paeonieen* sind nicht nur morphologisch, sondern auch anatomisch ziemlich scharf characteristisch ausgeprägt, und besonders zeigen die Glieder der letzteren Unterfamilie in ihrem Bau eine grosse Gleichartigkeit. Ihr Bauplan hat aber im Ganzen genommen, so wenig Aehnlichkeit mit den verwandten Tribus, dass, wenn darnach allein über die natürliche Zusammengehörigkeit mit den andern Tribus geurtheilt werden sollte, man wohl nicht zweifelhaft darüber wäre, sie als eigene Familie abzutrennen. *Helleborus foetidus* lässt trotz seines Anschlusses an den Typus *Paeonia* seine Zusammengehörigkeit mit den übrigen *Ranunculaceen* doch auch in anatomischer Hinsicht nicht ganz verkennen, indem der Hauptcharacter der Familie wenigstens in dem sehr kräftig entwickelten, interfasciculären Sklerenchym angedeutet ist.

Nicht so leicht durchführbar dagegen erscheint eine der morphologischen parallele anatomische Gruppirung der übrigen Gattungen. Man kann zwar mit ziemlicher Sicherheit durch die Anatomie des Stengels die Gattung, zu welcher irgend eine Art der Familie gehört und oft auch diese Art selbst erkennen, dagegen grenzen sich die verschiedenen Tribus nicht scharf von einander ab, sondern lassen vielmehr in der Mehrzahl ihrer Gattungen einen allgemeinen Grundplan im Aufbau des Stengels erkennen, aber so, dass es nicht möglich ist, gemeinsame Charactere für die einzelnen Tribus herauszufinden. Andererseits freilich begegnen wir auch Gattungen, welche einem andern Bautypus folgen, wodurch aber die Schwierigkeit der Abgrenzung der Tribus noch erhöht wird, indem diese Gattungen verschiedenen Tribus angehören, ich erinnere an *Thalictrum* und *Cimicifuga*. Erstere untere unterscheidet sich anatomisch durch die anomale Anordnung der Gefässbündel scharf von den übrigen *Anemoneen* und ebenso *Cimicifuga* und *Actaea* durch das gleiche Merkmal von den *Helleboreen*. Wir finden also ein und dasselbe ausgezeichnete Merkmal in zwei Gattungen, welche im bisherigen natürlichen System weit auseinander liegen.

Damit würde das vorher gefundene positive Resultat allerdings einigermassen beeinträchtigt werden, wenn die obige Gruppirung nach den Aehnlichkeiten im Bau der Blüte und des Samens selbst so sicher und über jeden Zweifel erhaben wäre, wie es den Anschein hat. Dies ist aber keineswegs der Fall, und über die Stellung verschiedener Gattungen herrschen noch unentschiedene, widersprechende Ansichten.

---

1) Bentham und Hooker: Genera plantarum, Vol. I, p. 2.
2) de Candolle: Prodomus, Vol. I, p. 2.

Baillon[1]) zählt z. B. *Thalictrum* und *Actaea* (incl. *Cimicifuga*) zu den *Clematideen* und vereinigt die *Anemoneen* mit den *Ranunculeen*. Diese Eintheilung entspricht den anatomischen Thatsachen schon viel mehr, als die vorige, denn hier werden die beiden anatomisch sich auszeichnenden Gattungen *Thalictrum* und *Actaea* auch morphologisch wenigstens zusammengestellt. Am meisten würde jedoch ein System den anatomischen Characteren Rechnung tragen, in welchem *Thalictrum* und *Actaea* eine eigene Tribus neben den *Clematideen*, *Ranunculeen* (incl. *Anemoneen* und *Helleboreen*) und *Paeonieen* bildeten, womit zugleich eine sehr passende Verbindung mit den *Berberideen (Epimedium, Podophyllum, Diphylleia)* welche einen mit *Thalictrum* ganz ähnlichen Bau besitzen, hergestellt würde. Diese vier Unterfamilien würden sich anatomisch dann folgendermassen characterisiren:

I. Gefässbündel normal in einem Kreis geordnet.

A. Stengel mehr- oder einjährig mit Riefen und darunter liegendem Collenchym. Die mehrjährigen Stengel mit Ringelborke ohne Lenticellen, die einjährigen meist grün, selten verborkt. Die Periderm bildenden Stengel mit geschlossenem Cambiumring und starkem Festigungsring aus Faserbast und dazwischen liegenden »Rinden«sklerenchymkeilen. Secundäre Bastparenchymbildung auch zum Theil bei den einjährigen Stemgeln. Bei den verborkten Stengeln finden secundäre Bast- und Keratenchymbildung aus Weichbastelementen statt . . . . . *Clematideen.*

Gattungen: *Clematis*, *Atragene.*

B. Stengel einjährig; keine Periderm- und Borkebildung. Kein geschlossener Cambiumring (Ausnahme davon bildet *Helleborus foetidus L.*). Bündel getrennt, geschlossen. Cambiumstränge rundlich. Kein secundäres Bastparenchym, kein secundärer Bast, kein Keratenchym. Festigungsring entweder blos aus Faserbast und interfasciculärem »Mark«strahlparenchym, oder noch mit dicht darum gelagertem, vollständigen Rindensklerenchymring.

Ranunculeen-, Anemoneen-, Helleboreen.

Gattungen: *Anemone, Adonis, Ranunculus, Caltha, Eranthis, Trollius, Helleborus, Myosurus, Ceratocephalus, Nigella, Delphinium. Isopyrum, Aquilegia, Aconitum.*

C. Stengel meist einjährig, selten mehrjährig ohne Riefen. Unter der Epidermis ein concentrischer Collenchymring, der nach innen in eine unverholzte Keratenchymschicht übergeht. Geschlossener Cambiumring; starker, compacter Holzcylinder. Gefässe mit seitlicher Anlage und leiterförmiger Perforation . . . . . *Paeonieen.*

Gattung: *Paeonia.*

---

1) Baillon: Histoire des plantes. T. I, p. 87.

II. Gefässbündel in mehreren, undeutlich von einander geschiedenen Kreisen; einzelne Bündel zerstreut, ohne sich in einen Kreis einzuordnen. Form des Holzkörpers auf dem Querschnitt einer V ähnlich.

Gattungen: *Thalictrum, Actaea, Cimicifuga.*

Aus alledem folgt also, dass die Familie als solche durch einige allgemeine anatomische Merkmale characterisirt ist. Innerhalb der Familie fallen die sich aus der anatomischen Vergleichung ergebenden Beziehungen (Gattung, Art) zusammen, oder durchkreuzen dieselben wenigstens nicht; nur die Coordination der einzelnen Tribus erfährt einige Modificationen, indem der Betrag der Differenzen zwischen den Tribus zum Theil anders ausfällt, als in den bisherigen Systemen. Damit würde dann auch die Zusammenfassung der Gattungen zu Gruppen sich etwas anders gestalten, wie dies ja ohnehin auf Grund morphologischer Betrachtungen für dieselben Fälle, die sich auch anatomisch abweichend verhalten, von mancher Seite geschehen ist. Anatomische Charactere können desshalb für die *Ranunculaceen* als Verwandtschaftscharactere betrachtet und in der Systematik bis zu einem gewissen Grade sehr wohl verwerthet werden.

Schlüssel für die Bestimmung.

I. Gefässbündel in mehreren, undeutlich von einander geschiedenen Kreisen; einzelne Bündel zerstreut, ohne sich in einen Kreis einzuordnen. Form des Holzkörpers auf dem Querschnitt einer V ähnlich.

a) Der innere Theil der primären Rinde wird von einem, sich vor dem Faserbast entwickelnden, ununterbrochenen, concentrischen, echten Sklerenchymring gebildet, auf seiner Innenseite liegen ihm die Faserbaststränge des äussersten Gefässbündelkreises eingebettet *Thalictrum.*

b) Rindensklerenchymring fehlt. Der Festigungsring besteht nur aus Faserbast mit dazwischen liegendem Sklerenchym. Derselbe ist gegen die primäre Rinde scharf abgesetzt.

1) Bündel in zwei bis drei alternirenden Kreisen; einzelne, zerstreute Bündel fehlen; Holztheile an der Innenseite ohne sklerenchymatische Strangscheide . . . . . *Cimicifuga.*

2) Ausser den Bündeln in den Kreisen noch einzelne, zerstreute, markständige Bündel; die innere Kante des Holzkörpers ist mit sklerotischer Strangscheide versehen . . . . . *Actaea.*

II. Gefässbündel normal in einen Kreis geordnet.

A) Stengel mit Riefen und darunter liegenden Collenchymsträngen. Faserbastkappen sehr stark. An älteren Stadium ist der Stengel entweder grün, oder verborkt; im ersteren Fall stark verholzte Mark-

strahlen. Das Cambium entweder in getrennten Strängen, oder zum Ring geschlossen; im letzterem Fall tritt stets secundäres Bastparenchym auf. Die verborkten Stengel besitzen Ringelborke ohne Lenticellen und starke interfasciculäre Rindensklerenchym-Keile zwischen den Faserbaststrängen . . . . . *Clematideen.*

B) Stengel ohne Riefen. Unter der Epidermis ein concentrischer Collenchymring, der nach innen in eine starke Keratenchymschicht übergeht. Geschlossener Cambiumring; starker compacter Holzcylinder. Gefässe mit seitlicher Anlage und leiterförmiger Perforation . . . *Paeonia.*

C) Stengel einjährig, keine Borke- und Peridermbildung, kein geschlossener Cambiumring[1]). Bündel getrennt, geschlossen. Cambiumstränge rundlich. Kein Keratenchym. Festigungsring entweder mit oder ohne Rindensklerenchym; letzteres bildet sich secundär nach dem Faserbast . . . . . *Ranunculeen — Helleboreen.*

1) Faserbast vorhanden in kräftigen Sicheln, oder Halbkreisen, oder viereckigen keilförmigen Strängen. 6.

— Faserbast fehlend, oder nur sehr schwach ausgebildet, zuweilen nur durch Bildung einiger Zellen angedeutet. 2.

2) Unter der Epidermis eine concentrische Collenchymschicht, die in normales, primäres Rindenparenchym übergeht. Stengel nicht hohl. *Helleborus niger.*

— Kein Collenchymring. Stengel hohl. 3.

3) Primäre Rinde derbwandiger, als das Mark; gegen das Pleromgewebe scharf abgesetzt.

a) Faserbast durch schwache Gruppen angedeutet; im Stengel 8, im Blütenstiel dagegen 11 Bündel; letzterer mit deutlichen Faserbastsicheln . . . . . *Anemone nemorosa.*

b) Faserbast ganz fehlend. 8 Bündel im Stengel *Anemone ranunculoides.*

— Rindenparenchym vom übrigen parenchymatischen Gewebe nicht unterschieden. 4.

4) Im Gefässbündel unter den Gefässen ein Luftgang; alle mechanischen Elemente fehlen . . . . . Untergattung *Batrachium.*

— Luftgang fehlt. 5.

5) Eine verholzte, endodermisartige Strangscheide um jedes Bündel.

a) Faserbast fehlt, Form des Holzkörpers hufeisenartig *Ranunculus Ficaria.*

---

1) Eine Ausnahme davon macht nur *Helleboros foetidus*, welches sich ausserdem durch einen sehr starken Holzcylinder auszeichnet. Markstrahlen vollkommen sklerotisch, so dass sie den Holzzellen sehr ähnlich sehen.

b) Faserbast in schwachen Bogen, die in die Strangscheide übergehen; Holzkörper nicht hufeisenförmig, relativ schwach. Cambiumstränge kräftig . . . . . *Caltha palustris.*

— Strangscheide nur um den inneren Theil des Holzes, unverholzt, collenchymatisch. Faserbast hin und wieder in schwachen Gruppen vorhanden . . . . . *Eranthis hiemalis.*

6) Echter Rindensklerenchymring fehlt, oder zieht sich in ein bis zwei Lagen um den Bast. 7.

— Rindensklerenchymring vorhanden; meist sehr stark 10.

7) Faserbast sichel- bis halbkreisförmig mit dazwischen liegendem interfasciculärem Sklerenchym, das entweder vollkommen verdickt und verholzt, oder blos durch Verholzung gewisser Markstrahlzonen angedeutet ist; Holzkörper rundlich, grösser, als der Bast. 8.

— Bastkappen viereckig, keilförmig, ebenso hoch, oder höher als breit; Holzkörper meist kleiner, als der Bast; Rindenparenchym schwach.

a) Stengel mit Riefen und Collenchymsträngen, Holzkörper länglich *Nigella.*

b) Stengel ohne Riefen und Collenchym; Holzkörper rundlich *Delphinium.*

8) Alle Gefässbündel von einer eigenen, verholzten Strangscheide umgeben.

a) Strangscheide 1—3schichtig, um den ganzen Holztheil von den Spitzen der Bastsicheln aus sich herumziehend . . *Ranunculus.*

b) Strangscheide nur um den inneren Theil des Holzes mehrschichtig, bastkappenartig gelagert; nicht mit den Spitzen der Bastsicheln in Berührung . . . . . *Helleborus.*

— Gefässbündel nicht von einer eigenen Scheide eingeschlossen; die kleineren liegen zuweilen im interfasciculären Sklerenchym eingebettet 9.

9) Interfasciculäres Sklerenchym vom Bast deutlich unterschieden, verläuft innwärts allmälig in zartes Markgewebe.

a) Stengel mit Riefen und Collenchymsträngen . . . . . *Adonis.*

b) Stengel ohne Riefen und Collenchymstränge.

α) Cambiumstränge elliptisch, Zellwände derselben normal, die einzelnen Zellen leicht zu unterscheiden . *Anemone (Pulsatilla).*

β) Cambiumstränge cylindrisch, Zellwände derselben Keratenchym-ähnlich, wachsartig zusammengeschmolzen. Zellhöhlen unregelmässig geschlängelt. Bast stark; interfasciculäres Sklerenchym nur durch Verholzung der Markstrahlzellen angedeutet. *Trollius.*

— Interfasciculäres Sklerenchym nicht deutlich vom Bast zu unterscheiden, erscheint als seitliche Ausbreitung der Baststränge und liegt in gleicher Zone mit ihnen; gegen Rinde und Markstrahlgewebe scharf abgesetzt.

a) 5 Bündel im Stengel . . . . . *Ceratocephalus.*
b) 10 Bündel im Stengel . . . . . *Myosurus.*

10) Rindensklerenchymring vorhanden; Faserbaststränge lehnen sich entweder lose daran an, oder liegen gleichsam eingebettet in ihm.
a) Bast lehnt sich lose an den Sklerenchymring an; interfasciculäres Sklerenchym zwischen den einzelnen Baststrängen fehlt *Isopyrum.*
b) Bast lehnt sich dicht an den Rindensklerenchymring an; interfasciculäres Sklerenchym zwischen den einzelnen Bündeln vorhanden.
α) Rindenparenchym schwach; Rindensklerenchym wenig mächtig; um die innere Grenze des Holzkörpers reichliche Mengen sehr zartwandigen Holzparenchyms . . . . . *Aquilegia.*
β) Rindenparenchym stark; Rindensklerenchym mächtig; in alten Stadien ist die ganze primäre Rinde sklerotisch . . *Aconitum.*

Erklärung der Figuren.

Bemerkung: die radial schraffirten Partien im Festigungsring bedeuten Faserbast, die tangential schraffirten Glieder bedeuten Sklerenchym. Durch die Abstufung der Schraffirung soll eine entsprechende Abstufung der Membranverdickung angedeutet werden.

Fig. 1.

Querschnitt eines diesjährigen Internodiums von Clematis Vitalba L.

1 Epidermis.
2 Collenchymstränge unter den Riefen.
3 Festigungsring aus Bast und Rindensklerenchym.
4 Bastparenchymring, von welchem die Peridermbildung ausgeht.
5 Cambium.
6 Xylem.
7 Markstrahl.

Fig. 2.

Schnitt durch secundäre Rinde von Clematis Vitalba.

1 Theile secundärer Bastbogen.
2 zerstreute secundäre Bastgruppen im Cambium.
3 Keratenchymlagen.

Fig. 3.

Querschnitt durch einen alten Theil der Hauptwurzel von Anemone pratensis L.

1 Holzkörper.
2 strahliger Cambiumcylinder.
3 Rinde.

Fig. 4.

Querschnitt des Stengels von Anemone pratensis L.

1 Epidermis.
2 Rindenparenchym.
3 Festigungsring aus Faserbast und interfascicularem Markstrahlsklerenchym. Faserbastkappen mit innwärts vorspringender Leiste.

Fig. 5.

Stengelquerschnitt von Anemone Pulsatilla L.

Fig. 6.

Stengelquerschnitt von Anemone vernalis L.

Fig. 7.

Stengelquerschnitt von Anemone baldensis L.

Fig. 8.

Stengelquerschnitt von Adonis vernalis L.

Fig. 9.

Stengelquerschnitt von Adonis autumnalis L.

Fig. 10.

Querschnitt durch eine Nebenwurzel von Thalictrum minus L., jüngstes Stadium.
e Endodermis.
s 4 primäre Siebgruppen.
g 4 primäre Gefässgruppen.

Fig. 11.

Querschnitt durch eine Nebenwurzel von Thalictrum minus L., 2. Stadium.
e Endodermis u. Pericambium.
c Collenchymring.
s' 4 primäre Siebgruppen.
s'' 4 secundäre Siebgruppen.
g' 4 primäre Gefässgruppen.
g'' 4 secundäre Gefässtheile.

Fig. 12.

Querschnitt durch eine Nebenwurzel von Thalictrum minus L., 3. Stadium.
e—g'' wie in Fig. 11.
l 4 Libriformstränge vor den primären Gefässgruppen.

Fig. 13.

Querschnitt durch eine Nebenwurzel von Thalictrum minus L., ältestes Stadium.
Wie in Fig. 12, nur dass die secundären Gefässgruppen sich vergrössert haben, und im Centrum ein Libriformstrang entstanden ist.

Fig. 14.

Stengelquerschnitt von Thalictrum minus L.
e Epidermis.
r Rindenparenchym.
f Festigungsring aus einem vollständig geschlossenen Rindensklerenchymring bestehend, dem sich der Faserbast mit interfascisularem Sklerenchym dicht anschmiegt.

Fig. 15.

Querschnitt durch ein Gefässbündel von Thalictrum minus L. f Faserbast. c Cambium g Gefässe. h Holzparenchym. s verholzte Strangscheide.

Fig. 16.

Stengelquerschnitt von Ranunculus acris L.
e Epidermis. r Rindenparenchym. f Festigungsring aus Faserbast und interfasciculärem Sklerenchym. s. verholzte Strangscheide.

Fig. 17.

Stengelquerschnitt von Ranunculus Lingua L.
c und r wie vorher.
g Gefässbündel mit verholzter Strangscheide um das Xylem.
i interfasciculäre verholzte Verbindungsbrücken.

Fig. 18.

Stengelquerschnitt von Ranunculus fluitans Lmk.
g Gefässbündel aus Cambium u. Xylem bestehend.
l Luftgang unter den Gefässen.
s Strangscheide.

Fig. 19.

Stengelquerschnitt von Ceratocephalus falcatus Pers.

Fig. 20.

Stengelquerschnitt von Helleborus viridis L.

Fig. 21.

Stengelquerschnitt von Isopyrum fumarioides L.
Im Festigungsring f lehnen sich dem vollständig geschlossenen Rindensklerenchymring r die Faserbaststränge mit interfasciculären Sklerenchym an.

Fig. 22.

Baststrang von Nigella damascena L.

Fig. 23.

Stengelquerschnitt von Delphinium Ajacis L.

Fig. 24.

Stengelquerschnitt von Aconitum variegatum L.
Erklärung der Buchstaben wie in Fig. 21.

Fig. 25.

Stengelquerschnitt von Helleborus foetidus L.
e Epidermis.
co Collenchymring.
h Holzcylinder. Die schraffirten Partien bedeuten die sklerotischen Markstrahlen, die nicht schraffirten die Holztheile.
cb geschlossener Cambiumring.
b Weichbastkeile zu den Holzsträngen gehörig.

Fig. 26.

Gefässglieder von Paeonia officinalis L.

Fig. 27.

Querschnitt durch einen Theil des Keratenchymringes von Paeonia officinalis L.